



Universidad Técnica del Norte

Facultad de Educación, Ciencia Y Tecnología

Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz

Diseño y Construcción de la Carrocería de un Vehículo Tipo Arenero

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:

Ingeniero en Mantenimiento Automotriz

Autores:

Ayala Erazo América Yesenia.

Guevara Tituaña David Edwin.

Director:

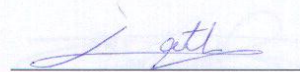
Ing. Luís Tejada.

Ibarra, 2015.

Certificación

En mi calidad de Director de trabajo de grado sobre el tema: **Diseño y construcción de la carrocería de un vehículo tipo arenero**. Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Ayala Erazo América Yesenia y por el Sr. Guevara Tituaña David Edwin, egresados de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos Técnicos y Científicos acorde a lo establecido por la Universidad Técnica del Norte.

América Yesenia Ayala Erazo



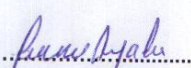
Ing. Luis Tejada Huertas.

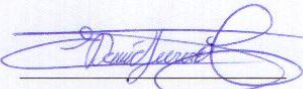
Director de Proyecto

Declaración

Nosotros, América Yesenia Ayala Erazo y David Edwin Guevara Tituaña, declaramos que el trabajo es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica del Norte puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.


AYALA ERAZO AMÉRICA YESENIA



David Edwin Guevara Tituaña.

Dedicatoria

A Dios por darme la fuerza y sabiduría para poder cumplir mis metas con éxito en la vida.

A mis padres quienes han estado siempre a mi lado apoyándome y dándome sus bendiciones para seguir adelante y triunfar en esta vida.

A mi tía Carmita, quien me dio su apoyo incondicional y fue el pilar de esta lucha para obtener esta profesión.

A Luis y Victoria quienes son el motivo de inspiración para seguir superándome.

Infinitas gracias a Alberto Cabezas Hurtado quien siempre se ha preocupado por mi bienestar como si fuese más que un padre, gracias por brindarme su ayuda cuando más lo necesité.

América Yesenia Ayala Erazo

Agradecimiento

A la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Educación Ciencia y Tecnología, Escuela de Educación Técnica por haberme formado profesionalmente para poder enfrentar y sobresalir en los desafíos de la vida.

Mi profundo agradecimiento, al personal Docente quienes supieron brindar con afecto sus conocimientos, consejos y sobre todo sus experiencias para poder desarrollarme en la vida profesional con éxito y cumplir mis metas.

Al Ingeniero Geovanny Guevara quien estuvo siempre apoyándome de una u otra manera para que culmine con éxito la carrera.

América Yesenia Ayala Erazo.

Dedicatoria

A mi padre por darme la oportunidad de forjarme por mi mismo dándome la oportunidad de trabajar para financiar mi carrera.

Agradecimiento

A mis familiares por su apoyo moral e incondicional y a Dios por ser el guía de mi existencia. Al Ing. Geovanny Guevara e Ing. Luis Tejada, Director del trabajo de grado ya que gracias a sus conocimientos guiaron el desarrollo de la investigación.

A todo el personal docente que en el aula y fuera de ella inculcaron siempre el deseo de seguir adelante hasta conseguir el triunfo.

David Edwin Guevara Tituaña.

Índice General

Certificación **¡Error! Marcador no definido.**

Declaración	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria.....	II
Agradecimiento	V
Dedicatoria.....	VI
Agradecimiento	VI
Resumen	XIV
Abstract.....	XV
Introducción.....	XVI
Capítulo I.....	1
1. El Problema de Investigación	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.3. Formulación del Problema.....	2
1.4. Delimitación del Problema	3
1.4.1. Delimitación temporal	3
1.4.2. Delimitación espacial	3
1.5. Objetivos	3
1.5.1. Objetivo general	3
1.5.2. Objetivos específicos.....	3
1.6. Justificación	4

Capítulo II.....	5
2. Marco Teórico	5
2.1. Carrocería.....	5
2.1.1. Tipos de carrocería.	5
2.1.2. Partes de una carrocería tubular.....	6
2.1.3. Deformación de la carrocería.	7
2.1.4. Rigidez de la carrocería.	8
2.2. Los Aceros	8
2.2.1. Tipos de aceros.	9
2.2.2. Propiedades del acero estructural ASTM A36.	10
2.2.3. Ventajas del acero estructural ASTM A36.....	11
2.2.4. Desventajas del acero estructural ASTM A36.	12
2.3. Tubos de Acero ASTM A36.....	13
2.3.1. Cortes de perfiles tubulares.	14
2.3.2. Curvado en frío para perfiles tubulares.	15
2.3.3. Soldadura de perfiles tubulares	16
2.3.4. Secuencias y posiciones de soldadura.	18
2.3.5. Punteado de la soldadura	18
2.3.6. Inspección de soldaduras.	19
2.4. Esfuerzos Admisibles en Vigas	19

2.4.1.	Flexión elástica de la viga de acero	20
2.4.2.	Esfuerzos permisibles en el diseño elástico de las vigas.	21
2.4.3.	Columnas bajo carga axial.....	22
2.4.4.	Resistencia de las columnas	22
2.4.5.	Columnas bajo esfuerzos combinados.....	26
2.5.	Cargas de Diseño	28
2.5.1.	Carga muerta (M).	28
2.5.2.	Carga viva (V).	28
2.5.3.	Carga de frenado (F).....	28
2.5.4.	Carga de aceleración brusca (Ab).....	28
2.5.5.	Carga por resistencia del aire frontal (Raf).	29
2.5.6.	Carga de impacto.	29
2.6.	Glosario de términos	30
Capítulo III	31
3.	Metodología.....	31
3.1.	Tipo de Investigación.....	31
3.2.	Métodos	31
3.2.1.	Método analítico sintético	31
3.2.2.	Método de diseño.	31
3.2.3.	Método de simulación.	31

3.3. Técnicas Aplicadas	31
Capítulo IV	33
4. Propuesta Alternativa	33
4.1. Diagnóstico	33
4.2. Definición de Materiales, Secciones y Perfiles para la Carrocería.....	35
4.3. Determinación de Cargas.....	35
4.4. Cálculo de Cargas	35
4.4.1. Impacto frontal.	36
4.4.2. Impacto lateral.	36
4.4.3. Impacto superior.....	36
4.4.4. Fuerza de aceleración brusca (Ab).	37
4.4.5. Fuerza de frenado.	37
4.4.6. Carga aerodinámica.	38
4.5. Ingreso de Datos para el Análisis de la Estructura en SAP 2000	39
4.6. Procedimiento de Diseño de la Carrocería del Vehículo en el Programa SAP 2000 ..	41
4.7. Proceso de Construcción y Montaje de la Carrocería.....	60
4.8. Detalle del Trabajo Realizado.....	61
4.9. Resultados.....	63
Capítulo V	68

5. Conclusiones y Recomendaciones	68
5.1. Conclusiones.....	68
5.2. Recomendaciones	69
Referencias Bibliográficas.....	70
Anexos.....	71
Anexo 1. Resultados de la simulación de impactos en SAP 2000.	71
Anexo 2. Fotografías del trabajo práctico	74

Índice de Tablas

Tabla 1. Propiedades del acero ASTM A36.....	9
Tabla 2. Dimensiones y propiedades de perfiles para estructuras	14
Tabla 3. Valores de longitud efectiva.....	24
Tabla 4. Diagnóstico.....	33
Tabla 5. Valor de cargas de la carrocería	39
Tabla 6. Resultados del análisis por combos.....	63
Tabla 7. Fuerzas y momentos de la estructura importada al Excel.	64
Tabla 8. Análisis comparativo.	66

Índice de Figuras

Figura 1. Carrocería con chasis independiente.....	5
Figura 2. Carrocería autoportante.....	6

Figura 3. Barra antivuelco.	7
Figura 4. Jaula de seguridad.	7
Figura 5. Nudo fabricado por aserrado de corte plano antes de soldar.	15
Figura 6. Curvado en frío por presión.	16
Figura 7. Deformación de un elemento de viga.	20
Figura 8. Perfil pandeado de una columna con extremos articulados.	23
Figura 9. Estructura dibujada en AUTO CAD.	40
Figura 10. Estructura importada a SAP 2000.	41
Figura 11. Procedimiento para importar un archivo de AUTO CAD a SAP 2000.	42
Figura 12. Información de la importación del archivo.	42
Figura 13. Asignación de layer.	43
Figura 14. Definición de materiales.	44
Figura 15. Adición de material para carrocería.	44
Figura 16. Propiedades del material.	45
Figura 17. Secciones de Área.	45
Figura 18. Ingreso de datos de sección de planchas o placas.	46
Figura 19. Propiedades de elementos.	46
Figura 20. Adicionar elemento de sección.	47
Figura 21. Datos de la sección de la tubería.	47
Figura 22. Definición de cargas.	48
Figura 23. Definición de Combinaciones.	49

Figura 24. Ingreso de combinaciones de carga en el COMB11.	49
Figura 25. Restricciones de juntas.	50
Figura 26. Restricciones asignadas.	50
Figura 27. Impacto frontal.	51
Figura 28. Impacto lateral.	51
Figura 29. Impacto superior.	52
Figura 30. Fuerza de Aceleración.	52
Figura 31. Fuerza Aerodinámica.	52
Figura 32. Fuerza de frenado.	53
Figura 33. Carga viva debido a los ocupantes.	54
Figura 34. Carga viva debido a los asientos.	54
Figura 35. Verificación de cargas.	55
Figura 36. Selección de cargas a mostrar.	55
Figura 37. Ingreso a la selección de combos para el diseño.	56
Figura 38. Selección de combos para el diseño.	57
Figura 39. Casos a ser analizados.	58
Figura 40. Verificación de corrida del programa.	58
Figura 41. Análisis de la estructura en SAP 2000.	59
Figura 42. Análisis de la estructura en SAP 2000 con carga igual a 1610 Kg.	60

Resumen

El objetivo del proyecto es diseñar y construir una carrocería tubular para un vehículo tipo arenero, que garantice el soporte y seguridad de los elementos que conforman la misma. La investigación es de carácter tecnológico y bibliográfico, tecnológico por el conocimiento acerca del diseño de carrocerías y bibliográfico porque se hizo una revisión acerca de los fundamentos teóricos para la construcción de estructuras. Los métodos usados fueron diseño y simulación. La carrocería se construyó en base a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323 y el código AISC/ASD para garantizar la seguridad de los ocupantes, se optó por la utilización del programa de diseño mecánico computacional AUTO CAD y el programa de análisis estructural y simulación de cargas e impactos SAP 2000, que permite comprobar y analizar la estructura para que no presente fallas debido a las cargas aplicadas, es importante conocer y tener en mente los métodos de fabricación, a la hora de construir una estructura tubular como esta. El proyecto cuenta con tres partes principales: diseño, cálculos estructurales y construcción. En la parte del diseño, se realizaron varios planos hasta obtener una carrocería original y de buena apariencia, para luego evaluar los perfiles adecuados para la construcción de la carrocería en este caso se utilizó perfiles de sección redonda ASTM A36. En la segunda etapa, los cálculos estructurales se evaluaron con la ayuda del programa SAP 2000 gracias a la facilidad que este nos da al momento de ingresar los datos de las cargas e impactos y la obtención de resultados, como se puede apreciar un factor de seguridad de 1,92. En la tercera etapa, se indicó el procedimiento de construcción de la carrocería con los elementos de seguridad respectivos; sin dejar de lado el proceso de pintura, la colocación del panel de control y las instalaciones eléctricas para un buen funcionamiento y confort adecuado.

Abstract

This project objective is to design and build a bodywork type tubular to an off road vehicle which guarantees support and safety of the elements that conform it. The kind of investigation is biographical-technological and the methods used were the design and simulation. The bodywork was built on base the Ecuadorian Technique Norm INEN 1323. It was opted for the utilization of the software of compute mechanic design AUTOCAD and software SAP 2000, that allows to prove and analyze the structure so that it won't present flaws, due to applied loads, is important to know and keep in mind the methods of manufacturing the moment of construct a tubular structure like this one. The project is composed by three main parts: design, structural analysis and manufacturing. In the section of the design was necessary make many plans until get an original bodywork, the adequate profiles are evaluated to obtain a bodywork able to satisfy the requirements of robustness and spinning system in this case was used section circular profiles of kind ASTM A 36. On the second stage, the structural calculations were evaluated whit the help of the program SAP 2000 should the easily to get the results, it can appreciate a safety factor 1,92. On the third stage, it was emphasized the procedure of constructing and assembling the bodywork over there chassis of the car and the respective safety elements, without forgetting installation of the control panel and the electric system to get a good operation and adequate comfort.

Introducción

Los diseñadores de carrocerías desde la construcción misma del vehículo han puesto su habilidad e ingenio en satisfacer las necesidades de cada conductor, sin dejar de lado su seguridad. Cada constructor presenta su propio diseño, diferentes variantes que hacen del vehículo una representación de la marca constructora.

No obstante con el uso de vehículos para el deporte como son los areneros ahora cada diseñador pone su habilidad e ingenio para que sus vehículos sean una representación de su trabajo. En la actualidad existe gran variedad de estructuras, que forman parte de vehículos de competencia como lo son: los areneros, que cuentan con un gran rendimiento mecánico, seguridad y buena apariencia.

Todas las especificaciones indicadas en la presente tesis, indican características básicas y generales del diseño y construcción de la carrocería de un vehículo de tipo arenero, las cuales serán de vital importancia para la provisión de nuevos modelos con similares características.

La finalidad será establecer algunos parámetros de construcción que necesariamente se deben cumplir para el diseño y la construcción de la estructura, con las condiciones de seguridad, confiabilidad y confort para el piloto. Para esto el presente trabajo, lleva el apoyo de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323. Como se trata de una estructura metálica se aplica el código AISC/ASD, con el propósito de realizar un diseño desde el punto de vista estructural seguro.

Capítulo I

1. El Problema de Investigación

1.1. Antecedentes

Un vehículo arenero está diseñado para caminos de difícil acceso, ya que tiene una suspensión reforzada que se adapta fácilmente a las irregularidades del camino, este cuenta con una carrocería diseñada y construida según el criterio del constructor para que se adecue a la suspensión.

Los primeros vehículos similares a los areneros, fueron los buggies, creados por el estadounidense Bruce Meyers en la década de los 50, utilizando los primeros vehículos grandes y potentes hasta que en base a la experiencia, que adquirió por el arduo trabajo, empezó a fabricar buggies sobre el chasis del Volkswagen escarabajo, que era el vehículo mejor se adaptaba a este tipo de modificaciones.

Al pasar los años la idea de Meyers, seguía siendo tomada por diferentes personas, en especial por jóvenes que fabricaban de forma casera sus buggies, usando vehículos en desuso en los que su creatividad lograra dar un toque de originalidad en sus diseños.

Como era de esperarse, empezaron a aparecer competencias de vehículos areneros, una de ellas se da en la península baja de México. Aquí compiten los vehículos areneros, más conocidos como “OFF ROAD” la cual ha ido en constante aumento cada año con sus aficionados y competidores.

El off road es un deporte extremo, en el cual compiten vehículos de diferentes categorías, con clasificaciones específicas de acuerdo al cilindraje del motor, estos vehículos están bien adaptados para los terrenos con características de difícil acceso, ya que disponen de un sistema de suspensión como el diseñador lo desee, pues no hay alguna normativa que las clasifique, puesto que puede ser rígida o independiente en las cuatro ruedas, o también de característica mixta.

Con referencia al Ecuador, no existen datos respectivos a este vehículo, solo modificaciones que realizan aficionados en lo particular a vehículos que se encuentra en desuso, en lo que se refiere a areneros solo existen vehículos 4x4 de competencia, que más similitud tienen con el arenero.

Y hay que resaltar que siempre en las modificaciones de estos vehículos, se ingenia el diseño de la carrocería, puesto que siempre es tubular y con las condiciones de seguridad adecuadas.

1.2. Planteamiento del Problema

Un vehículo 4x4 estándar tiene diversos aditamentos que aportan con lujo y seguridad pero estos aumentan el peso del vehículo, por eso se construirá una nueva carrocería para alivianar el peso del vehículo, para ello es necesario diseñar una estructura tubular con la máxima protección para el conductor ya que es de mucha importancia la seguridad humana.

1.3. Formulación del Problema

¿Cómo diseñar y construir una carrocería para un vehículo arenero?

1.4. Delimitación del Problema

1.4.1. Delimitación temporal. Este proyecto se llevará a cabo entre el mes de agosto del 2013 hasta enero del 2015.

1.4.2. Delimitación espacial. Este proyecto se llevará a cabo en la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte y en los talleres de soldadura, mecánica y torno ubicado en la ciudad de Otavalo Provincia de Imbabura.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general. Diseñar y construir la carrocería de un vehículo tipo arenero.

1.5.2. Objetivos específicos.

1. Realizar un estudio teórico acerca de las carrocerías
2. Diseñar la carrocería en programas de diseño mecánico.
3. Simulación de esfuerzos ante impactos mediante SAP 2000.
4. Construir la carrocería en base a la Norma Técnica de Seguridad INEN 1323.
5. Instalar el sistema eléctrico del vehículo.

1.6. Justificación

Este trabajo de grado se centró en diseñar y construir una estructura tubular para un vehículo tipo arenero de menor peso por medio de programas de diseño mecánico, que permiten determinar los esfuerzos que soportan la misma.

Siendo una de las herramientas más adecuadas la simulación, con la cual a partir de las propiedades de inercia, las conexiones entre los distintos cuerpos y las fuerzas actuantes, es posible calcular las fuerzas a las que la carrocería y el chasis están sometidos.

En el caso que está relacionado, con el campo del automóvil es conveniente, dar a conocer todo sobre carrocerías del vehículo arenero ya que es factible este tipo de estructuras por ser de peso ligero ya que en nuestro medio, no han sido comercializados o acogidos.

Ahora los estudiantes, de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, van a obtener experiencia realizando este tipo de trabajos, ya que contarán con información teórica y práctica respecto a este trabajo el cual demanda tener mucho ingenio.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1. Carrocería

Es la parte del vehículo donde se alojan los pasajeros o la carga, en algunos vehículos auto portantes también van montados los demás elementos mecánicos del mismo.

2.1.1. Tipos de carrocería.

2.1.1.1. Chasis independiente. La técnica de construcción de chasis independiente utiliza un chasis rígido que soporta todo el peso y las fuerzas del motor y de la transmisión, en esta técnica la carrocería cumple poca función estructural.



Figura 1. Carrocería con chasis independiente.

2.1.1.2. Carrocería autoportante. “Esta configuración es la más utilizada por los fabricantes de automóviles. En su diseño, se parte del concepto de hacer una estructura metálica envolvente constituida por elementos de chapa de diferentes formas y espesores, es decir, es una caja resistente que a la vez soporte a sí misma y a los elementos mecánicos que se fijen sobre ella.” (AGUEDA E, 2006).



Figura 2. Carrocería autoportante.

Fuente: (LEAL, 2012).

2.1.1.3. Carrocería tubular. Esta técnica utiliza como estructura del vehículo una red de finos tubos metálicos soldados, recubierta después con láminas metálicas, frecuentemente de metales exóticos tales como: aluminio o magnesio. Mediante esta se consigue una carrocería de gran rigidez y resistencia con muy poco peso

2.1.2. Partes de una carrocería tubular.

2.1.2.1. Barra anti-vuelco. Una barra anti-vuelco es una barra colocada detrás del conductor, que provee protección moderada ante los vuelcos. Los convertibles son particularmente cuidadosos en la protección anti-vuelcos, un fuerte marco del parabrisas funciona como una barra anti-vuelcos. Un arco anti-vuelco es un par de barras redondeadas que se colocan detrás de los asientos del conductor y del acompañante.



Figura 3. Barra antivuelco.

Fuente: (LOTENEMOS, 2015).

2.1.2.2. Jaula de seguridad. Es un marco metálico especialmente construido dentro o alrededor de la cabina de un vehículo, para proteger a sus ocupantes en un accidente, particularmente en vuelcos. Las jaulas de seguridad son usadas en casi todos los vehículos de competición y en la mayoría de los autos modificados para competir en carreras.



Figura 4. Jaula de seguridad.

2.1.3. Deformación de la carrocería.

Las medidas tomadas para mejorar la seguridad pasiva de la estructura, tiene un nivel de diseño para el cual se toma en cuenta tres reglas importantes detalladas a continuación:

2.1.3.1. Deformación programada. Diseño frontal de la carrocería y en menor medida, de la sección trasera, que pretende una detención progresiva del impacto. Las piezas previstas para su deformación programada suelen ser los elementos estructurales que soportan los mayores esfuerzos.

2.1.3.2. Deformación de la geometría. Para evitar la deformación de los elementos mecánicos en el habitáculo ejemplo largueros con geometrías que hacen que se tiendan a desviarse hacia abajo en caso de colisión.

2.1.3.3. Protecciones laterales. Evita el hundimiento de las puertas y aleja a los pasajeros de las zonas de impacto en caso de colisiones laterales para esto, se ubican barras de acero en el marco interior de cada puerta para que, estos absorban el impacto.

2.1.4. Rigidez de la carrocería.

La rigidez es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos, sin adquirir grandes deformaciones generalizadas o desplazamientos generalizados, es decir es la medición de la resistencia del material o estructura a flexión. (INSTRON, 2015).

En una carrocería tenemos:

2.1.4.1. Rigidez a flexión. Se refiere a cuanto flexa la carrocería, debido a la carga de los diferentes elementos que conforman el vehículo.

2.1.4.2. Rigidez torsional. Se refiere a cuanto se deforma una carrocería debido a un esfuerzo de torsión. Esta es la característica que se debe cuidar para poder validar una carrocería en cuanto a rigidez.

2.2. Los Aceros

El acero se refiere a aleaciones de hierro y carbón, y en muchos casos a otros elementos. Debido al número de aceros disponibles en estos se clasifican como: aceros al carbón, aceros aleados, aceros inoxidables y aceros estructurales. (MOTT, 2009).

2.2.1. Tipos de aceros.

2.2.1.1. Aceros al carbono. El 90% de los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen una cantidad diversa de carbono entre 0.06 a 1,76%; menos de 1,65% de manganeso; 0,6% de silicio y 0,6% de cobre. Con este tipo de acero se fabrican máquinas, carrocerías de automóvil, estructuras de construcción, pasadores de pelo, otros. (AMORIN, 2006).

2.2.1.2. Aceros aleados. Aunque un acero al carbón es una simple aleación de hierro y carbón con cantidades pequeñas de manganeso, silicio, azufre, y fósforo, el término acero aleado se aplica cuando uno o más elementos además del carbono se introducen en cantidades suficientes para modificar sustancialmente sus propiedades. Los aceros aleados no solo poseen más propiedades físicas deseadas sino que también permiten una mayor latitud en el proceso del tratamiento. (NISBETH, 2012).

2.2.1.3. Aceros inoxidables. Se obtienen su nombre debido a su resistencia a la corrosión. El elemento primario en la aleación de los aceros inoxidables es el cromo, presente en un 17% en la mayoría de las aleaciones. Se utiliza un mínimo de 10.5% hasta un 27%.

2.2.1.4. Acero estructural. Se producen en forma de: lámina, placa, barras, tubería y perfiles estructurales tales como vigas I, vigas de patín ancho, canales del estándar que define las propiedades mínimas requeridas. El acero más popular en aplicación para estructuras es el ASTM A36, un acero al carbón utilizado para muchos perfiles placas y barras. Tiene una resistencia mínima a la fluencia de 36 Ksi (248 Mpa) es soldable para propósitos estructurales generales. (MOTT, 2009).

Tabla 1.

Propiedades del acero ASTM A36.

Composición Química (Valores Típicos)				
%C	%Mn	%Si	%P	%S
≤ 0,26	0,80 -1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05

Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción (Kg/mm²)		Elongación
(Kg/mm²)	MPa	(Kg/mm²)	MPa	%
25,5 (mín)	250 (mín.)	40,8 (mín)	400 (mín.)	20 (mín.)

Fuente: (ACEROSOTERO, 2015).

2.2.2. Propiedades del acero estructural ASTM A36.

2.2.2.1. Propiedades físicas. A continuación se indican las propiedades físicas recomendadas, válidas para todos los aceros estructurales negros redondos:

- Módulo de Elasticidad: $E = 207000 \text{ N/mm}^2$
- Módulo de elasticidad transversal: $G = 81000 \text{ N/mm}^2$
- Coeficiente de Poisson: $\nu = 0.3$
- Coeficiente de dilatación lineal: $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
- Densidad: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

2.2.2.2. Propiedades Diversas. Otras propiedades importantes del acero estructural son:

- Gran facilidad para unir diversos miembros por medio de varios tipos de conexión como son: la soldadura, los tornillos y los remaches.
- Posibilidad de prefabricar los miembros.
- Rapidez de montaje.
- Reutilización posible después de desmontar una estructura.
- Posibilidad de venderlo como chatarra, aunque no pueda utilizarse en su forma existente. El acero es el material reutilizable por excelencia.
- Su módulo de elasticidad es superior al de muchos otros materiales, como por ejemplo el titanio y el aluminio, con lo que el tamaño de la sección de tubo necesario para tener una misma rigidez es menor. (McCORMAC, 2002).

2.2.3. Ventajas del acero estructural ASTM A36.

2.2.3.1. Alta resistencia. La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será relativamente bajo el peso de las estructuras.

2.2.3.2. Elasticidad. El acero se acerca más en su comportamiento a las hipótesis de diseño, que la mayoría de los materiales, gracias a que sigue la ley de Hooke hasta esfuerzos bastante altos. Los momentos de inercia de una estructura de acero pueden calcularse exactamente.

2.2.3.3. Uniformidad. Las propiedades del acero no cambian apreciablemente en el tiempo.

2.2.3.4. Durabilidad. Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán indefinidamente. Investigaciones realizadas en los aceros modernos, indican que bajo ciertas condiciones no se requiere ningún mantenimiento a base de pintura.

2.2.3.5. Ductilidad. La ductilidad es la propiedad que tiene un material para ser deformado plásticamente sin romperse. Cuando se prueba a tensión un acero con bajo contenido de carbono, ocurre una reducción considerable de la sección transversal y un gran alargamiento en el punto de falla, antes de que se presente la fractura. (MARTIN, 2012).

2.2.3.6. Tenacidad. Los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. Un miembro de acero cargado hasta que se presentan grandes deformaciones será aún capaz de resistir grandes fuerzas. Esta es una característica muy importante porque implica que los miembros de acero pueden someterse a grandes deformaciones durante su formación y montaje, sin fracturarse, siendo posible doblarlos, martillarlos, cortarlos y taladrarlos sin daño aparente. La propiedad de un material para absorber energía en grandes cantidades se denomina tenacidad. (PINEDA, 2015).

2.2.4. Desventajas del acero estructural ASTM A36.

2.2.4.1. Costo de mantenimiento. La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión, al estar expuestos al aire y al agua por consiguiente deben pintarse periódicamente lo cual implica también gastos por mano de obra.

2.2.4.2. Costo de la producción contra el fuego. Aunque algunos miembros estructurales son incombustibles, sus resistencias se reducen considerablemente durante los incendios.

2.2.4.3. Susceptibilidad al pandeo. Entre más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, mayor es el peligro de pandeo. El acero tiene una alta resistencia por unidad de peso, pero al utilizarse como columnas no resulta muy económico ya que debe usarse bastante material, solo para hacer más rígidas las columnas contra el posible pandeo.

2.2.4.4. Fatiga. Su resistencia puede reducirse si se somete a un gran número de inversiones del sentido del esfuerzo, o bien, a un gran número de cambios de la magnitud del esfuerzo.

2.2.4.5. Fractura frágil. Bajo ciertas condiciones, el acero puede perder su ductilidad y la falla frágil puede ocurrir en lugares de concentración de esfuerzos. Las cargas a las que se encuentre sometida producen fatiga y muy bajas temperaturas agravan la situación. (McCORMAC, 2002).

2.3. Tubos de Acero ASTM A36

Las secciones circulares huecas, comúnmente llamadas tubos son eficientes para usarse como vigas, miembros sometidos a torsión y columnas. El perfil de sección transversal cerrada le confiere una alta resistencia y rigidez a torsión, así como también a flexión. (MOTT, 2009).

El tubo de acero redondo hueco, es más eficiente que la barra redonda sólida, puesto que se puede incrementar el radio de giro casi independientemente del área de la sección transversal, con lo que se reduce la relación de esbeltez l / r y se incrementa el esfuerzo permisible F_a . (JOHNSTON, 1998).

Tabla 2.

Dimensiones y propiedades de perfiles para estructuras.

DIMENSIONES					PROPIEDADES		
DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR	PESO	AREA			
	D	e	P	A	I	W	i
Pulg	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
1/2	21.35	2.00	0.99	1.22	0.57	0.59	0.68
3/4	26.90	2.30	1.45	1.78	1.34	1.09	0.87
1	33.70	2.50	1.96	2.45	2.98	1.91	1.10
1 1/4	42.40	2.50	2.55	3.13	6.24	3.13	1.41
1 1/2	48.30	2.65	3.02	3.87	10.05	4.41	1.61
2	60.30	2.65	3.79	4.89	20.26	7.04	2.04
2 1/2	73.00	3.20	5.65	7.02	42.73	12.24	2.47
3	88.90	3.20	6.81	8.62	79.09	18.46	3.03
4	114.30	3.60	9.92	12.52	191.78	34.65	3.91

Fuente: (DIPAC, 2012).

2.3.1. Cortes de perfiles tubulares.

2.3.1.1. Corte por aserrado. La herramienta para cortar es una robusta sierra circular con avance hidráulico, una robusta sierra de banda o una sierra alternativa de arco. También es posible efectuar una doble operación de corte con una cortadora de cabeza giratoria. En este caso hay que procurar evitar la torcedura recíproca.



Figura 5. Nudo fabricado por aserrado de corte plano antes de soldar.

Fuente: (ITALY, 2015).

2.3.2. Curvado en frío para perfiles tubulares. Durante esta operación podrán aparecer pliegues en la zona interna comprimida y el espesor de la zona externa alargada disminuye. Para evitar la formación de pliegues y la forma de un óvalo, son favorables las siguientes condiciones:

- Bajo límite elástico del material.
- Alta resistencia última del material.
- Considerable alargamiento en la rotura a tracción (por lo menos un 20%).

2.3.2.1. Curvado en frío por presión. Tras colocar un perfil tubular entre dos rodillos fijos, se curva por el desplazamiento del conformador central, normalmente conectado a un empujador hidráulico. Esta operación también se puede llevar a cabo manteniendo quieto el conformador central y empujando los rodillos laterales.

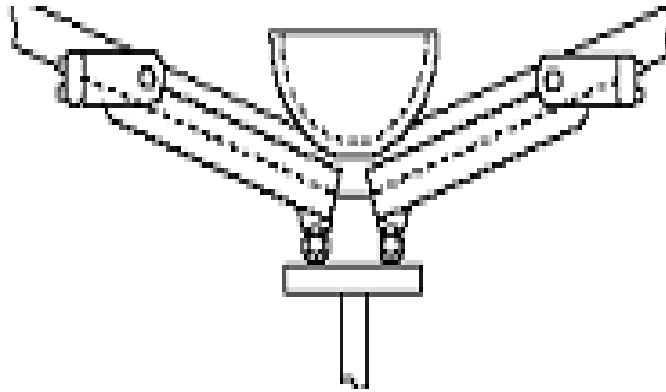


Figura 6. Curvado en frío por presión.

Fuente: (CURVA, 2015).

2.3.2.2. Curvado en frío por estiramiento. Se introduce la pieza en un pedestal anclado al suelo, el punto de presión de la pieza a doblar debe estar conformado por dos placas redondeadas que permiten que el dobles no se achate sino que se mantenga circular mientras el tubo se estira, esto gracias a la presión que se ejerce por medio de una palanca.

2.3.2.3. Curvadora de rodillos. Esta herramienta, con la que se produce el curvado pasando la pieza a través de tres rodillos, en general es la preferida por los fabricantes de estructuras de acero. Para curvado en frío con Curvadora de rodillos, en la práctica el límite del radio de curvado es de, aproximadamente cinco veces el diámetro externo del tubo.

2.3.2.4. Curvado mediante cortes a inglete. Normalmente para curvas de radio grande, se pueden obtener curvas aproximadas uniendo secciones rectas, extremo con extremo y soldándolas por dichos extremos previamente cortados con un ángulo adecuado.

2.3.3. Soldadura de perfiles tubulares. Básicamente es la composición química de un tipo de acero la que determina su soldabilidad. Los perfiles tubulares ASTM A36 que es utilizado generalmente para la construcción de estructuras, el cual posee un contenido de carbono ($C \leq 0,22\%$), que presenta la pureza del acero, indicada por el contenido de azufre ($S \leq 0,045\%$), fósforo ($P \leq 0,045\%$) y N2 ($N2 \leq 0,009\%$), se mide a menudo por el Valor del Carbono Equivalente (CEV) tal y como se indica a continuación: (EXPÓSITO, 2010).

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mb+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

[1]

2.3.3.1. Principios de la soldadura MIG/MAG. La soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible, es un proceso en el que el arco se establece entre un electrodo de hilo continuo y la pieza a soldar, estando protegido de la atmósfera circundante por un gas inerte (proceso MIG) o por un gas activo (proceso MAG). (ROWE & Jeffus, 2008).

2.3.3.2. Parámetros de la soldadura MIG/MAG.

- Tensión (longitud de arco).
- Velocidad de alimentación del alambre (que determina la intensidad de la corriente).
- Inductancia (ajustable en la mayor parte de las fuentes de corriente).
- Tipo de gas protector.
- Velocidad del balance.
- Inclinación de la pistola.

2.3.3.3. Ventajas de la soldadura MIG/MAG.

- Protege el arco y el baño de la acción oxidante.
- Hilo consumible del sistema.
- Suelda piezas de más elevado espesor.
- Gran rendimiento de trabajo.
- Se evita el movimiento descendente, conforme se consume el electrodo revestido.
- Puesto que no hay escoria, se reducen las operaciones de limpieza.
- Bajo aporte de calor en la pieza de trabajo (evita deformaciones en las piezas).
- No son necesarias las interrupciones para el cambio de electrodo en cualquier posición.

2.3.3.4. Limitaciones de la soldadura MIG/MAG.

- El método MIG/MAG es a la vez sencillo y difícil de aprender y usar si se trata de soldar dos chapas sin ninguna exigencia especial sobre el resultado, el método es fácil. En cambio sí hay exigencias sobre problemas en la unión, existencias de poros, etc., el método MIG/MAG requiere del soldador habilidad y experiencia.
- El método MIG/MAG es que el equipo es más complejo y por lo tanto más costoso y menos portátil que el equipo MMA.
- El diseño de la pistola hace que la accesibilidad en algunas posiciones sea difícil.
- El gas no puede exponerse a la corriente de aire.

2.3.4. Secuencias y posiciones de soldadura.

- Para los espesores más pequeños, se deben evitar, en lo posible, las soldaduras con varias pasadas.
- Hay que seguir las secuencias de soldadura apropiadas, ya que afectan en gran medida a la contracción, a las tensiones residuales y la deformación de una estructura soldada.

Posiciones para soldar en nudos de perfiles tubulares estructurales.

Soldadura circular de 360°.

Soldadura vertical ascendente de 180°.

Soldadura vertical ascendente.

Soldadura horizontal.

2.3.5. Punteado de la soldadura. El punteado de la soldadura es una soldadura corta, hecha para la unión preliminar de las barras de perfil de una estructura, obteniendo una sujeción temporal previa, a la soldadura definitiva. El espesor de la garganta del punteado de soldadura tiene que estar de acuerdo con la posición de la raíz. Este debe garantizar una unión limpia en la raíz de la soldadura. Los extremos de los puntos de

soldadura deben estar correctamente ejecutados para obtener una buena fusión en el cordón de la raíz.

El punteado de perfiles de sección redonda se hace de forma circular cuando el diámetro es pequeño. Con respecto al punteado de la soldadura de un nudo de perfil de sección redonda que evitar la soldadura en posición simétrica de los tubos acoplados debido a la concentración de tensiones que se localizan en ese punto. En general, la longitud mínima del punteado de un tubo acoplado se puede reducir hasta $1/10$ del diámetro exterior del tubo.

2.3.6. Inspección de soldaduras. Las soldaduras de las estructuras de acero se pueden comprobar mediante ensayos destructivos (sólo en laboratorio) o no destructivos. Desde el punto de vista económico, la extensión de las inspecciones debería ser mínima.

Los siguientes cinco métodos no destructivos pueden facilitar información concluyente con respecto a la calidad efectiva de la soldadura:

- Inspección visual
- Ensayo con partículas magnéticas
- Ensayo con líquidos penetrantes
- Inspección ultrasónica
- Inspección radiográfica mediante rayos X

En la práctica, el examen de las soldaduras se limita generalmente a la inspección visual, para cuya realización se precisa de un inspector con experiencia que juzgue la calidad de la soldadura.

2.4. Esfuerzos Admisibles en Vigas

La mayor parte de las vigas se diseñan con la teoría de flexión simple. El proceso de diseño implica el cálculo del momento flexionante máximo y la selección de una viga

con una resistencia igual o mayor al momento flexionante. En este proyecto se hará hincapié en el diseño por esfuerzos permisibles. (JOHNSTON, 1998).

2.4.1. Flexión elástica de la viga de acero. La figura 5 muestra una longitud unitaria de viga completa en cualquier lugar de su longitud. Sobre ella actúan el momento flexionante M y el cortante V positivos como se indica y se muestra en su posición recta sin deflexión antes de ser cargada y con deflexión después de cargarse.

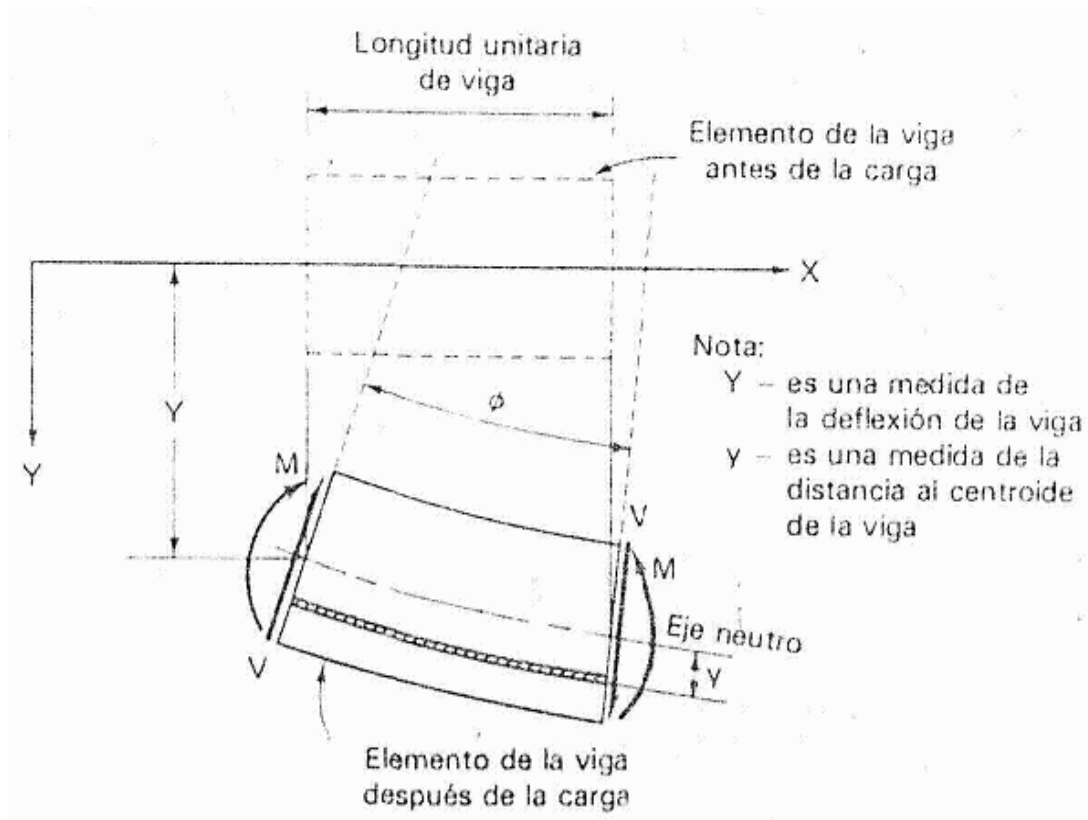


Figura 7. Deformación de un elemento de viga.

Fuente: (JOHNSTON, 1998).

Las denominaciones Y y y , positivas como se muestran, se utilizan para representar dos distancias diferentes. La deflexión del eje de la viga y la distancia al centroide de la sección transversal de la viga respectivamente, entonces la deformación longitudinal unitaria de una fibra horizontal de la viga es igual a:

$$\varepsilon = \Phi y \quad [2]$$

Dónde:

- ε , deformación longitudinal unitaria.
- Φ , curvatura de la viga.
- y , distancia al centroide de la viga.

Debido al esfuerzo nominal (f_b) es igual módulo de elasticidad E multiplicado por la deformación (ε) reemplazando en la anterior ecuación el esfuerzo producido por la flexión es igual a:

$$f_b = E \Phi y$$

[3]

Para el diseño por esfuerzos permisibles de vigas de acero se calcula el esfuerzo producido por la flexión como una función del momento flexionante, que es proporcional a la curvatura. La constante de proporcionalidad entre el momento y la curvatura es EI , en donde I es el momento de inercia de la sección transversal, entonces el momento flexionante es:

$$M = E I \Phi \quad [4]$$

Dónde:

- M , momento flexionante.
- E , módulo de elasticidad.
- I , momento de inercia.
- Φ , curvatura de la viga

2.4.2. Esfuerzos permisibles en el diseño elástico de las vigas. En el procedimiento de diseño por esfuerzos permisibles, se seleccionan las vigas de modo que los esfuerzos normales y cortantes máximos no excedan los valores que permite el AISC

para la tensión y el cortante que están especificados en términos del límite de fluencia F_y . (JOHNSTON, 1998).

Entonces el esfuerzo permisible viene dado por la siguiente ecuación:

$$F_b = 0.66 F_y \quad [5]$$

Dónde:

- F_b , esfuerzo permisible.
- F_y , esfuerzo al límite de fluencia.

2.4.3. Columnas bajo carga axial. En el uso actual, una columna no necesariamente es erecta y vertical, y se denomina columna a cualquier miembro en compresión horizontal, vertical o inclinada si la compresión que transmite es el factor principal que determina su comportamiento. (JOHNSTON, 1998).

2.4.4. Resistencia de las columnas. La resistencia de pandeo de una columna disminuye con un aumento de la longitud. La carga de pandeo para una columna esbelta está dada por la fórmula de Euler. (CEAC, 1986).

$$P_e = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad [6]$$

Dónde:

- P_e , carga de Euler.
- E , módulo de elasticidad.
- I , momento de inercia.
- l , longitud de la viga.

La carga inicial de Euler Pe , es una carga que mantendrá justamente a la columna en la forma deformada que se muestra en la figura 6. En cualquier punto a lo largo de la columna el momento externo aplicado P y, es igual al momento resistente interno $EI \Phi$, en donde Φ es la curvatura de la columna. Si se dividen los dos lados de la ecuación entre A y se introduce la relación $I=Ar^2$, en donde r es el radio de giro de la sección transversal, se expresa la carga de pandeo en términos del esfuerzo de pandeo F_e :

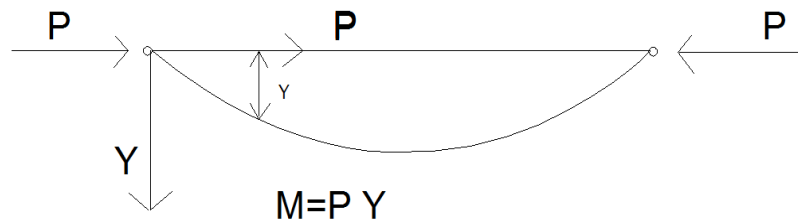


Figura 8. Perfil pandeado de una columna con extremos articulados.

Se puede modificar la ecuación para aplicarla a otras condiciones de extremo, como los libres y los empotrados, utilizando el factor de longitud efectiva K . Para un pandeo puro por flexión, Kl es la longitud entre los puntos de inflexión y se conoce como la longitud efectiva. Entonces la ecuación se transforma en:

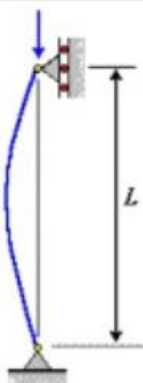
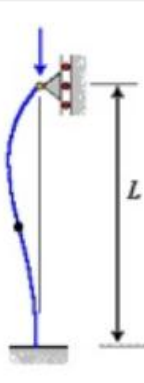
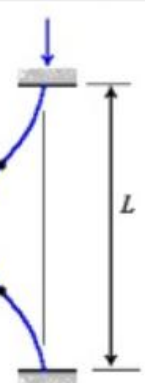
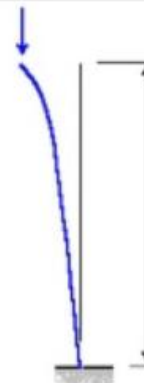
$$Pe = \frac{\pi^2 E}{(Kl/r)^2} \quad [7]$$

Dónde:

- Pe , carga de Euler.
- E , módulo de elasticidad.
- K , valor de longitud efectiva.
- r , radio.
- l , longitud de la viga

Tabla 3.

Valores de longitud efectiva

Columna articulada-articulada	Columna empotrada-articulada	Columna empotrada-empotrada	Columna empotrada-libre
			
$L_e = L$	$L_e = 0.699L$	$L_e = 0.5L$	$L_e = 2L$
$K = 1$	$K = 0.699$	$K = 0.5$	$K = 2$

Fuente: (SANCHEZ, 2014)

Al término l / r se denomina *relación de esbeltez* y se usa casi en forma universal como un parámetro en cuyos términos se puede dibujar en forma gráfica o expresar en forma analítica la curva de capacidad de una columna que se obtiene con una fórmula de resistencia.

El American Institute of Steel Construction (AISC) en sus especificaciones establece las fórmulas siguientes para los esfuerzos admisibles en miembros a compresión cargados axialmente.

El esfuerzo admisible en la sección transversal de miembros a compresión cargados axialmente, cuando $K(L/r)$ (la mayor relación de esbeltez efectiva de una longitud de columna sin arriostrar) es menor que C_c , está dado por: (GIECK, 2000).

$$Fb = \frac{[1 - (Kl/r^2)/2Cc^2] Fy}{FS} \quad [8]$$

Dónde:

- Fb , esfuerzo permisible, *ksi*.
- Cc , relación de esbeltez columnas largas.
- K , valor de longitud efectiva.
- l , longitud de la viga.
- r , radio.
- Fy , esfuerzo al límite de fluencia
- FS , factor de seguridad.

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3(l/r)}{8Cc} - \frac{(l/r)^3}{8Cc^3} \quad [9]$$

$$Cc = \sqrt{2\pi E / Fy} \quad [10]$$

El término **Cc** , es el valor particular de **KL/r** que separa las columnas largas de las intermedias. Cuando el valor de **KL/r** excede a **Cc** (columnas largas), el esfuerzo admisible está dado por:

$$Fb = \frac{\pi^2 E}{FS(Kl/r)^2}$$

[11]

En consecuencia la ecuacion 9, es la fórmula para el diseño de columnas cortas e intermedias, mientras que la ecuacion 11 se usa para las columnas largas de Euler, esto Cuando $Cc \leq Kl / r < 200$.

Con una Kl / r de cero, el factor de seguridad de 1,67 en compresión es el mismo que en tensión. Cuando aumenta Kl / r , el factor de seguridad se incrementa hacia 1,92. Esto permite tolerar incertidumbres como: la excentricidad inevitable, esfuerzos residuales, torceduras etc. (JOHNSTON, 1998).

2.4.5. Columnas bajo esfuerzos combinados. Las estructuras reales, además de la carga axial, las columnas deben soportar cargas laterales y/o transmitir momentos entre sus extremos y, por lo tanto, están sujetas a esfuerzos combinados debido tanto a la carga axial como al momento. A estos miembros, se les denomina vigas-columnas. Antes de la sexta edición de 1963 del AISC (Manual of Steel Construction) el diseño de los miembros a compresión sometidos a flexión, se obtenía como:

$$fa + fb \leq Fb$$

[12]

Dividiendo esta ecuación por, $Fb = Fa$ se obtiene la ecuación de interacción, con un uso muy amplio (AISC, AASHTO y AREA) y con la flexión con respecto a ambos ejes, fbx , fby , así como con carga axial, en la forma siguiente:

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{fbx}{Fbx} + \frac{fby}{Fby} \leq 1.0 \quad [13]$$

2.5. Cargas de Diseño

Quizá la tarea más importante y difícil que debe enfrentar un diseñador de estructuras es la estimación de cualquier carga que recibirá una estructura durante su vida útil. No debe omitirse la consideración de cualquier carga que pueda llegar a presentarse. Después de que se han estimado las cargas, es necesario investigar las combinaciones más desfavorables que pueden ocurrir en un momento dado. (McCORMAC, 2002)

Para los efectos de la presente, Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN 1323 se adoptan las definiciones:

2.5.1. Carga muerta (M). Corresponde al peso total del chasis en condiciones operativas, incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios. Las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanecen fijas a un mismo lugar.

2.5.2. Carga viva (V). Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería. Las cargas vivas son aquellas que pueden cambiar de lugar y magnitud. Dicho simplemente, todas las cargas que no son muertas, son vivas. Las cargas que se mueven bajo su propio impulso como: camiones, gente, etc. se denominan cargas móviles y aquellas que pueden ser remplazadas, muebles, accesorios se denominan igualmente cargas móviles.

2.5.3. Carga de frenado (F). Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo. Se asume una desaceleración mayor o igual a 4 m/s^2 .

2.5.4. Carga de aceleración brusca (Ab). Corresponde a la fuerza producida por la aceleración brusca del vehículo. Se calcula con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario.

2.5.5. Carga por resistencia del aire frontal (Raf). Corresponde a la fuerza del aire que actúa sobre un área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$R_{af} = \frac{1}{2} \times (C_x) \times \rho \times A_f \times V^2 \quad [14]$$

Dónde:

- R_{af} , Carga por resistencia Aerodinámica, en (N).
- ρ , Densidad del aire, en (kg/m³).
- V , Velocidad del aire, en (m/s). (Como mínimo 25 m/s).
- A_f , Área frontal del vehículo, en (m²).
- C_x , Coeficiente de resistencia frontal del aire. (Como mínimo 0.7). (km77, 2014).

2.5.6. Carga de impacto. Corresponde a la fuerza producida en una situación difícil que pueda tener el piloto al producirse una colisión, siendo la fuerza de impacto la más significativa y de cuidado que se debe tener para el diseño de la estructura. La fuerza de impacto se la establece de tres formas:

- Impacto Frontal se asume un incremento de la masa del vehículo de 8 g.
- Impacto Lateral se asume un incremento de la masa del vehículo de 4 g.
- Impacto Superior se asume un incremento de la masa del vehículo de 2 g.

2.6. Glosario de términos

ASTM.	American Society for Testing and Materials.
AISC.	American Institute of Steel Construction.
AISCs.	American Institute of steel Construction Specification.
ASD.	Allowable Stress Design.
CEV.	Valor de Carbono Equivalente.
OFF ROAD.	Deporte extremo donde compiten vehículos diseñados para correr en la arena.
Arnés.	Armazón provisto de correas y hebillas que se ata al cuerpo y sirve para transportar algo o a alguien.
Dilatación.	Aumento del volumen de un cuerpo o sustancia debido a factores externos.
Densidad.	Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo o sustancia.

Capítulo III

3. Metodología

3.1. Tipo de Investigación

Tecnológico y bibliográfico, tecnológico por el conocimiento acerca del diseño de carrocerías.

3.2. Métodos

3.2.1. Método analítico sintético. Se utilizaron estos métodos al procesar la información para elaborar el marco teórico, que como puede verse trata sobre los tipos de carrocerías, materiales y procesos de fabricación, la cual fue necesario resumirla, o en otros casos explicar en términos más comprensibles hasta lograr un texto adecuado en extensión, contenido y comprensibilidad.

3.2.2. Método de diseño. Se utilizó este método para dimensionar los elementos de la carrocería, se procedió utilizando la norma técnica ecuatoriana INEN 1323 de construcción de carrocerías en la que usa el código AISC/ASD.

3.2.3. Método de simulación. Se utilizó la simulación para comprobar que la estructura diseñada soportará impactos frontales, laterales y superiores. Además la fuerza aplicada por aceleración, frenada y aerodinámica utilizando el programa SAP 2000.

3.3. Técnicas Aplicadas

- Elaboración de planos en AUTOCAD.
- Simulación y análisis de cargas en SAP 2000 V11
- Procedimientos de curvado en frío por estiramiento y cortes a inglete
- Utilización de la soldadura MIG
- Proceso de pintura usando poliuretanos.

Capítulo IV

4. Propuesta Alternativa

4.1. Diagnóstico

El vehículo que se va a modificar es de la marca Toyota Land Cruiser FJ 40 del año 1980, que lleva un motor de seis cilindros en línea con 4230cc, tiene tracción a las cuatro ruedas, con una caja manual de cuatro velocidades y reversa, la suspensión es de eje rígido con ballestas en ambos ejes.

Este vehículo tiene una carrocería estándar, color rojo con techo de lona, la cual no se encuentra en óptimas condiciones, pues tiene algunos desperfectos en la pintura y fallas en el guarda fango frontal izquierdo.

Además su peso total es de 1755kg que es un peso elevado, y su diseño no es de las características de un vehículo arenero por estas razones, se realizó un diseño, para una nueva carrocería, de tipo tubular que permite perder peso al igual que sus medidas, de esta manera se aliviana el vehículo. Pues se coloca los aditamentos necesarios, para que el vehículo funcione en óptimas condiciones sin descuidar la seguridad del conductor, colocando cinturones de seguridad, y una barra de seguridad, por ser de marco metálico especialmente construida dentro de la cabina del vehículo, para proteger a los ocupantes en caso de un accidente.

Tabla 4.

Diagnóstico.

Maquina/Equipo	Sistema/Parte	Estado	Medidas/Características
1. Vehículo	Carrocería	Medio	Largo= 3403 mm
			Ancho= 177 mm
			Altura= 1412 mm
2. Vehículo	Seguridad Activa/Pasiva	Bueno	Freno Servoasistido
			Parachoques
			Cinturones de 3 puntos
			Columna de Dirección Colapsable
3. Vehículo	Confort	Malo	Asientos en Malas Condiciones
			Dirección Asistida

Durante el proceso de diseño de la carrocería fue necesario cambiar repetidas veces la geometría hasta que se lograron todos los objetivos. Por eso fue necesario, trabajar en el programa de diseño mecánico AUTO CAD.

En este caso se utilizó AUTO CAD para el dibujo y el programa SAP 2000 para el análisis estructural de la carrocería, de esta manera es más fácil ver detectar las cotas se están cambiando en el caso de que sea necesario hacerlo, primero hay que ver cómo se va a dibujar la carrocería y luego definir los materiales para la construcción y los respectivos cálculos para obtener los valores e ingresarlos en el programa SAP 2000.

4.2. Definición de Materiales, Secciones y Perfiles para la Carrocería

El material que se utilizó para la construcción de la carrocería o estructura es acero estructural, en el mercado se lo puede encontrar con la especificación ASTM A36.

- Para la carrocería se usará tubo estructural de diámetro 50,8 mm y espesor 2 mm.
- Las planchas de tol serán de 1,2 mm de espesor.
- Para el capot se asumirá un espesor de 1,3 mm.

4.3. Determinación de Cargas

Determinación de cargas Muertas (M). Adicional, en el programa se introduce un factor de carga muerta igual a 1,3.

- Peso Estructura: 140 Kg
- Peso Capot: 30 Kg
- Peso Tool: 20 Kg
- Total Carga Muerta (M): 190 Kg

Determinación de Cargas Vivas (CV).

- Peso de las personas (2): 140 kg
- Peso Asientos: 50 kg
- Total Carga Viva (CV): 190 kg

4.4. Cálculo de Cargas

- Carga muerta: 0,190 Ton
- Carga viva: 0,190 Ton

4.4.1. Impacto frontal. Para dar cumplimiento a las recomendaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323:2009, Primera Revisión, se asume una aceleración igual a 4 gravedades ($a = 4g$), si se produjera una colisión frontal.

$$F = m \times a$$

$$F = (380 \text{ kg}) \times 4(9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 14860 \text{ N} = 1520 \text{ Kgf}$$

$$F = 1,52 \text{ Ton}$$

4.4.2. Impacto lateral. Para dar cumplimiento a las recomendaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323:2009, Primera Revisión, se asume una aceleración igual a 2 gravedades ($a = 2g$), si se produjera una colisión lateral.

$$F = m \times a$$

$$F = (380 \text{ kg}) \times 2(9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 7448 \text{ N} = 760 \text{ Kgf}$$

$$F = 0,76 \text{ Ton}$$

4.4.3. Impacto superior. Para dar cumplimiento a las recomendaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323:2009, Primera Revisión, se asume una aceleración igual a la gravedad ($a = g$), si se produjera un choque en la parte superior del vehículo.

$$F = m \times a$$

$$F = (380 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 3724 \text{ N} = 380 \text{ Kgf}$$

$$F = 0,380 \text{ Ton}$$

4.4.4. Fuerza de aceleración brusca (Ab). Para dar cumplimiento a las recomendaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323:2009, Primera Revisión, la aceleración del vehículo debe ser mínimo de 4 m/s².

$$F = m \times a$$

$$F = (380 \text{ kg}) \times (4 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 1520 \text{ N} = 155,1 \text{ Kgf}$$

$$F = 0,155 \text{ Ton}$$

4.4.5. Fuerza de frenado. Para dar cumplimiento a las recomendaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323:2009, Primera Revisión, la fuerza de frenado del vehículo debe ser el doble de la fuerza de aceleración.

$$F = 2 \times Ab$$

$$F = 2 \times (155,1 \text{ Kgf})$$

$$F = 310,20 \text{ Kgf}$$

$$F = 0,310 \text{ Ton}$$

4.4.6. Carga aerodinámica. Para dar cumplimiento a las recomendaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323:2009, Primera Revisión, la carga aerodinámica del vehículo se calcula con la ecuación [19]:

$$R_{af} = \frac{1}{2} \times (C_x) \times \rho \times A_f \times V^2$$

$$R_{af} = \frac{1}{2} \times (0.7) \times (0.892) \times (1.28) \times (25)^2$$

$$R_{af} = 249.76N = 25.48kgf$$

$$R_{af} = 0.025Ton$$

Tabla 5.

Valor de cargas de la carrocería.

Carga	Valor (Ton)	Nudos seleccionados	Valor: por nudo (Ton)	Dirección
Impacto Frontal	1,52	16	0,095	+ Y
Impacto Lateral	0,76	8	0,095	+ X
Impacto Superior	0,380	4	0,095	- Z
Aceleración brusca	0,155	50	0,0031	+ Y
Frenado	0,31	50	0,062	-Y
Aerodinámica	0,025	22	0,0011	+y

La carga combinación de impactos es considerada en el caso de producirse un accidente, donde puede ocurrir un choque frontal, un lateral y un superior. Los tres choques son considerados al mismo tiempo, por la razón que en el programa SAP 2000, no existe la opción para que los impactos sucedan uno a continuación del otro. Entonces, las cargas de impacto asignadas a la estructura o carrocería.

4.5. Ingreso de Datos para el Análisis de la Estructura en SAP 2000

Para realizar el análisis y diseño de la estructura en SAP 2000 fue necesario primero dibujar la estructura en AUTO CAD como se ve en la figura 9, y luego se siguió los siguientes pasos:

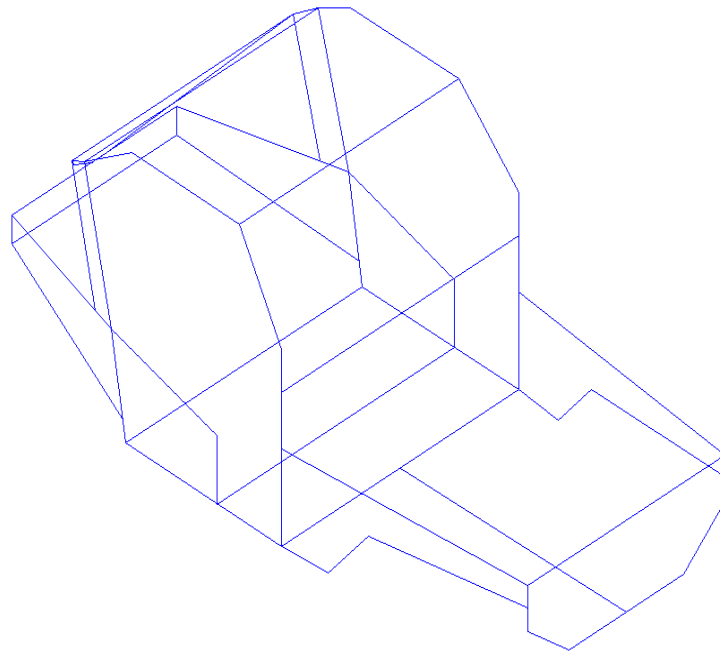


Figura 9. Estructura dibujada en AUTO CAD.

Importar el modelo dibujado en AUTO CAD al programa SAP 2000.

1. Definir materiales, secciones y perfiles.
2. Definir los estados de carga y sus combinaciones.
3. Asignar las secciones o perfiles a los elementos estructurales.
4. Asignar los valores de carga incluido las direcciones.
5. Asignar las condiciones de apoyo a los puntos o nodo.
6. Seleccionar el código de diseño a utilizar (ASD).
7. Ejecutar la opción analizar o run now.
8. Ejecute la opción de diseño.

Una vez dibujada la estructura en AUTO CAD, es importante llevar el diseño al programa SAP 2000 para su análisis. El estudio realizado en el programa SAP 2000 se basa en tres aspectos fundamentales como son: definir, asignar y resultados.

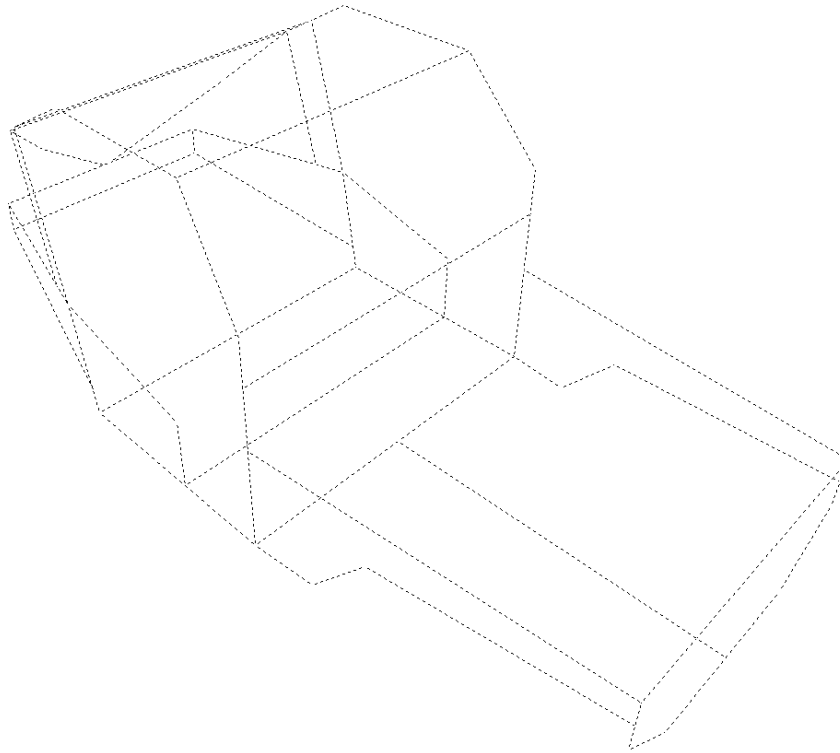


Figura 10. Estructura importada a SAP 2000.

4.6. Procedimiento de Diseño de la Carrocería del Vehículo en el Programa SAP 2000

1. Importar el modelo dibujado en AUTO CAD al programa SAP 2000.
 - a) Primero se dibuja la carrocería en AUTOCAD 3D.
 - b) Guardar el archivo de AUTO CAD 3D como AUTO CAD 2007 DXF (*.dxf).
 - c) Abrir el programa SAP 2000, y en la barra de herramientas seleccionamos File, luego Import y seleccionamos AutoCAD.dxf/.dwg File..., como indica la figura 11.

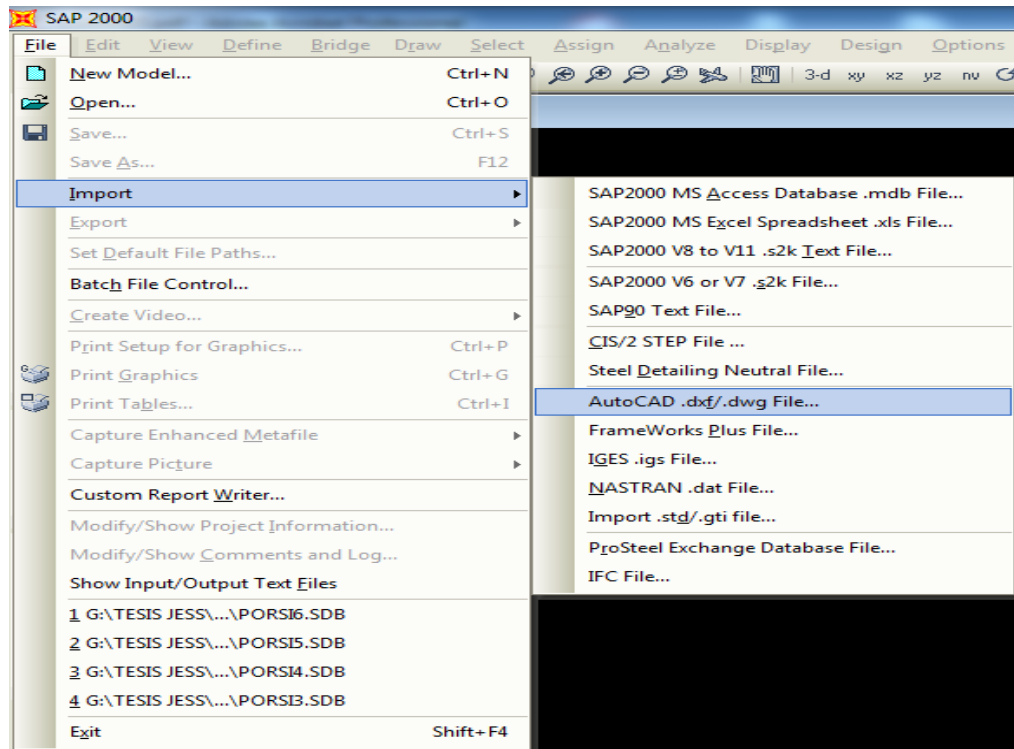


Figura 11. Procedimiento para importar un archivo de AUTO CAD a SAP 2000.

- d) Luego, abrir el archivo .dxf con nombre CARROCERÍA FINAL, una vez seleccionado el archivo aparecerá la ventana que se indica en la figura 12 y se selecciona la dirección y las unidades en las que se trabajará.

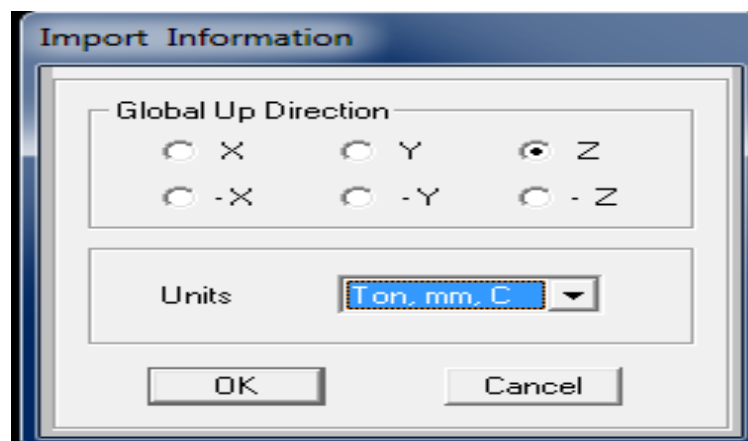


Figura 12. Información de la importación del archivo.

- e) A continuación, se selecciona el layer de los frames o elementos, para lo cual, se elige el frame 1 como lo indica la figura 13.

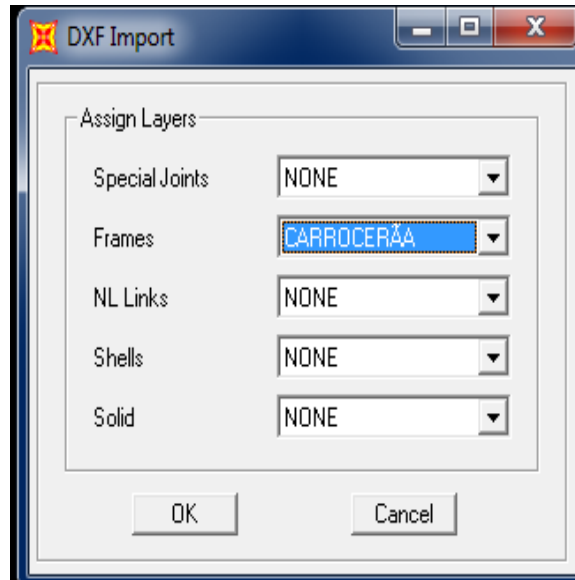


Figura 13. Asignación de layer.

- f) Luego de dar click en OK, se verá la carrocería importada, como lo indica la figura 10.
2. Definir materiales como se indica a continuación:

- a) En la opción de la barra de herramientas Define, sub opción Materials, se selecciona el tipo de material que se utilizará. Aparecerá la ventana Define Materials y se selecciona Add New Material Quick como indica a figura 14.

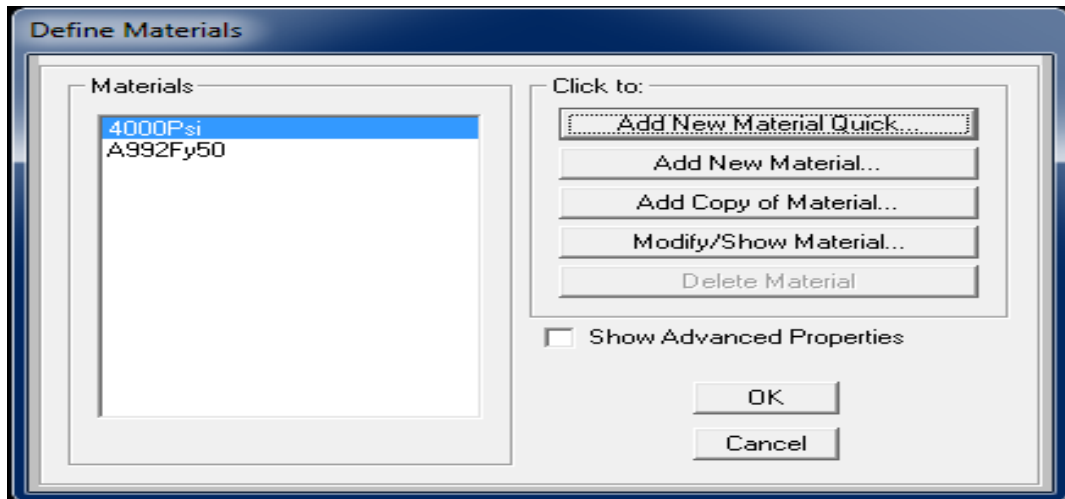


Figura 14. Definición de materiales.

- b) Se selecciona el tipo de material (Steel) y la especificación (ASTM A36) y hacer click en OK.

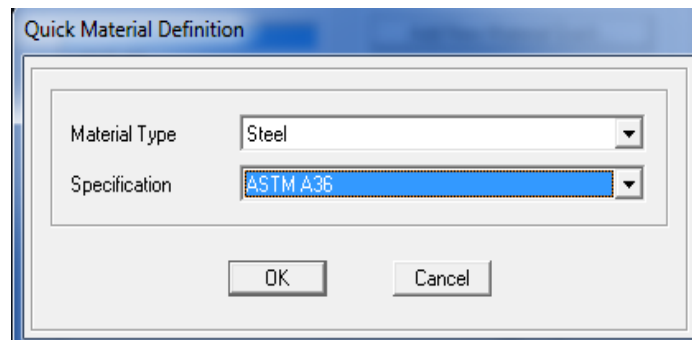


Figura 15. Adición de material para carrocería.

En la ventana Define materials, se selecciona A36 y Modify/Show material, donde se ingresarán los siguientes datos, como indica a figura 16.

$$F_y = 248.2 \text{ N/mm}^2.$$

$$F_u = 400 \text{ N/mm}^2.$$

$$E = 207000 \text{ N/mm}^2.$$

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: A36 [Color Picker]

Material Type: Steel [Dropdown]

Material Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7.697E-05

Mass per Unit Volume: 7.849E-09

Units

N, mm, C [Dropdown]

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 207000

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 79615.38

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 248.2

Minimum Tensile Stress, Fu: 400

Effective Yield Stress, Fye: 372.3169

Effective Tensile Stress, Fue: 439.8856

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Figura 16. Propiedades del material.

- c) Para definir áreas (Tol y Capo), en la opción de la barra de herramientas Define, sub opción Área Sections, aparecerá la ventana Área Sections y se selecciona Add New Section como indica la figura 17.

Area Sections

Sections

- CAPOT
- None
- TOL

Select Section Type To Add

Shell [Dropdown]

Click to:

Add New Section...

Add Copy of Section...

Modify/Show Section...

Delete Section

OK Cancel

Figura 17. Secciones de Área.

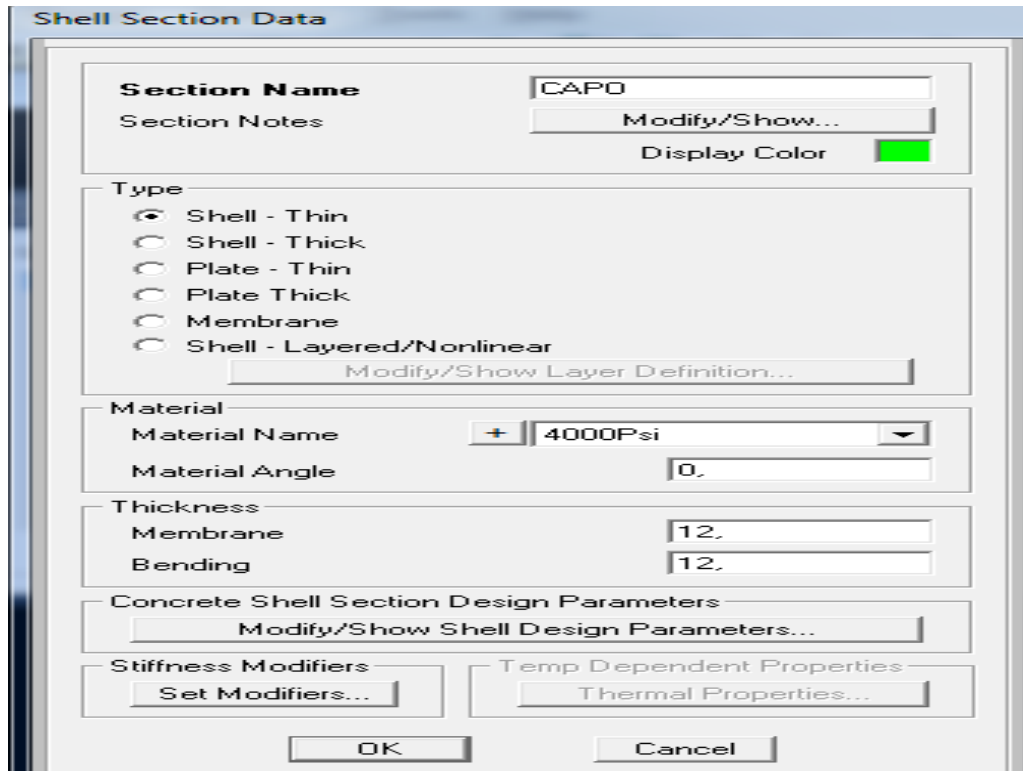


Figura 18. Ingreso de datos de sección de planchas o placas.

- d) Para definir el tubo o secciones tubulares, en la opción de la barra de herramientas Define, sub opción Frame Sections. Aparecerá la ventana Frame Properties y se selecciona Add New Property, como indica la figura 19.

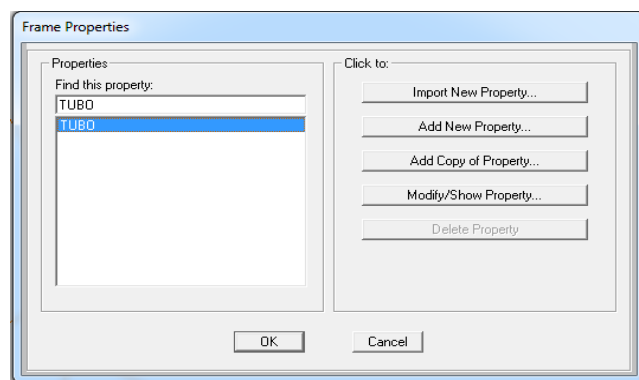


Figura 19. Propiedades de elementos.

Luego, aparecerá la ventana que indica la figura 20, donde se elige Steel y se selecciona pipe.

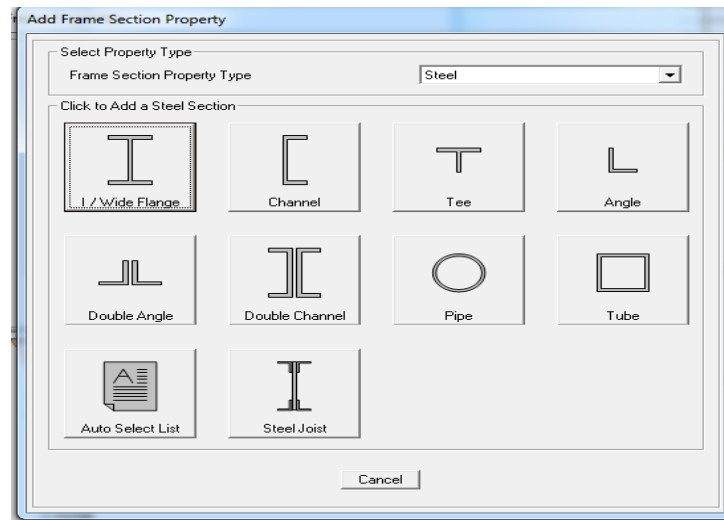


Figura 20. Adicionar elemento de sección.

Ingresar, el nombre, material, espesor y diámetro de la tubería figura 21.

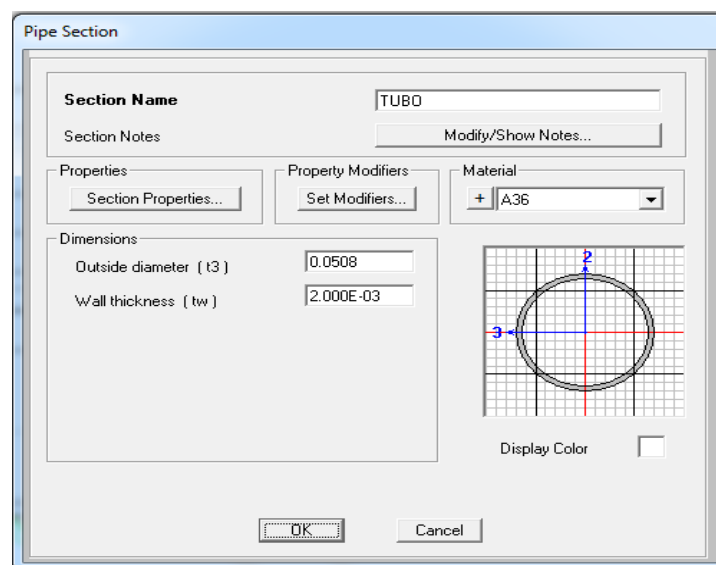


Figura 21. Datos de la sección de la tubería.

3. En la barra de herramientas Define, sub opción Load cases damos click e ingresamos los valores de carga establecidas. con su respectiva denominación (muerta, viva, colisión, otras) según la norma ASD, como indica la figura 22.

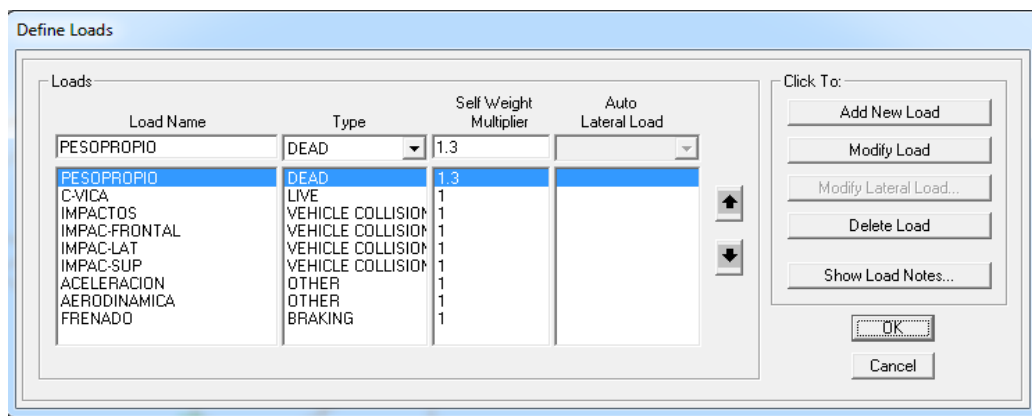


Figura 22. Definición de cargas.

El factor 1,3 en la carga PESOPROPIO es considerando cualquier elemento adicional que no se haya considerado para el cálculo del valor del peso propio.

- a) Para las combinaciones de carga, se toma lo recomendado por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323:2009, el método de diseño ASD.

COMB1 = PESOPROPIO.

COMB2 = PESOPROPIO + C-VIVA.

COMB3 = PESOPROPIO + C-VIVA + AERODINÁMICA.

COMB4 = PESOPROPIO + C-VIVA + FRENADO.

COMB5 = PESOPROPIO + C-VIVA + FRENADO + AERODINÁMICA.

COMB6 = PESOPROPIO + C-VIVA + ACELERACIÓN.

COMB7 = PESOPROPIO + C-VIVA + ACELERACIÓN + AERODINÁMICA.

COMB8 = PESOPROPIO + C-VIVA + IMPACTOS.

COMB9 = PESOPROPIO + C-VIVA + ACELERACIÓN + IMPAC-SUP.

COMB10 = PESOPROPIO + C-VIVA + ACELERACIÓN + IMPAC-FRONTAL.

COMB11 = PESOPROPIO + C-VIVA + FRENADO + AERODINÁMICA + IMPAC-LAT.

- b) Para ingresar las combinaciones, en la barra de herramientas : Define, en la subsección Combinations, aparecerá la pantalla que indica la figura 23.

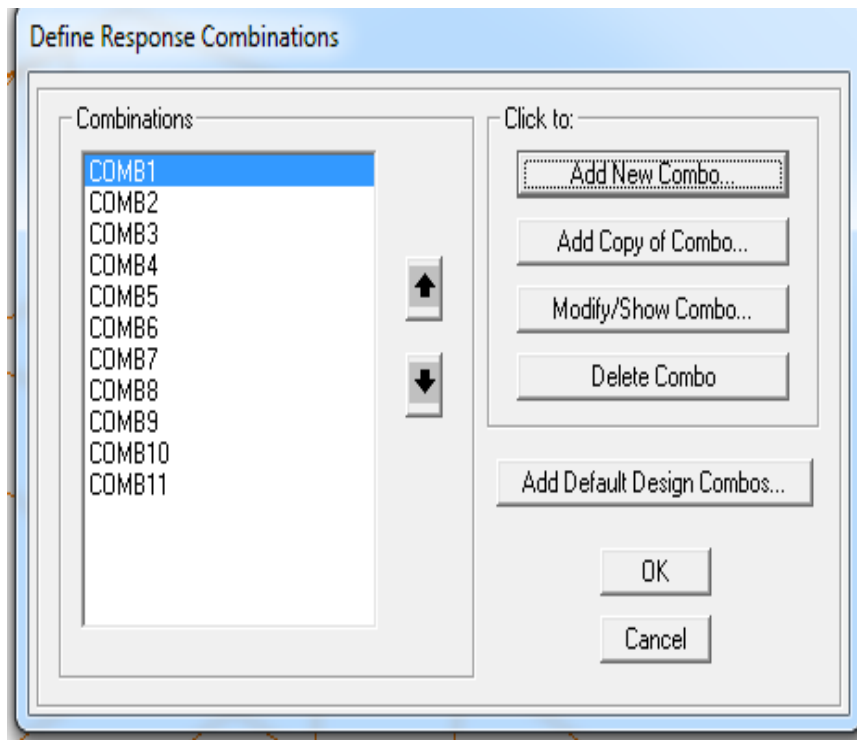


Figura 23. Definición de Combinaciones.

- c) Hacer click en Add new combo, para establecer las combinaciones de carga. Como indica la figura 24.

Figura 24. Ingreso de combinaciones de carga en el COMB11.

4. Para asignar los puntos de apoyo o restricciones, primero seleccionamos los nodos donde la carrocería va sujeta o anclada al chasis. Luego, en la barra de herramientas Assign, click en Joint y seleccionamos Restraints. Aparecerá la ventana de la figura 25 y restringimos todo movimiento.

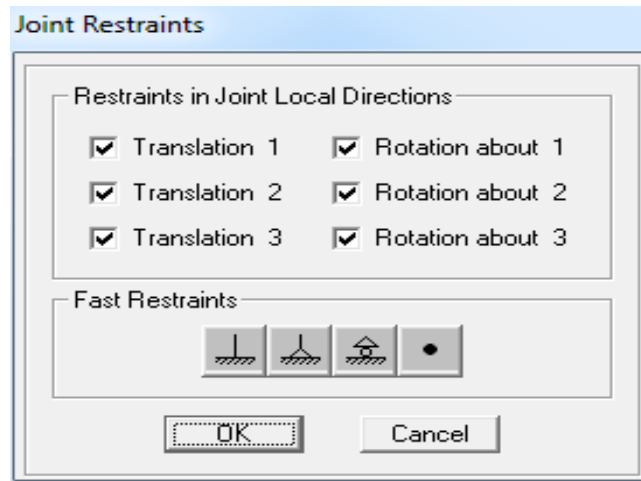


Figura 25. Restricciones de juntas.

Las restricciones quedarán como las de la figura 26 de color verde.

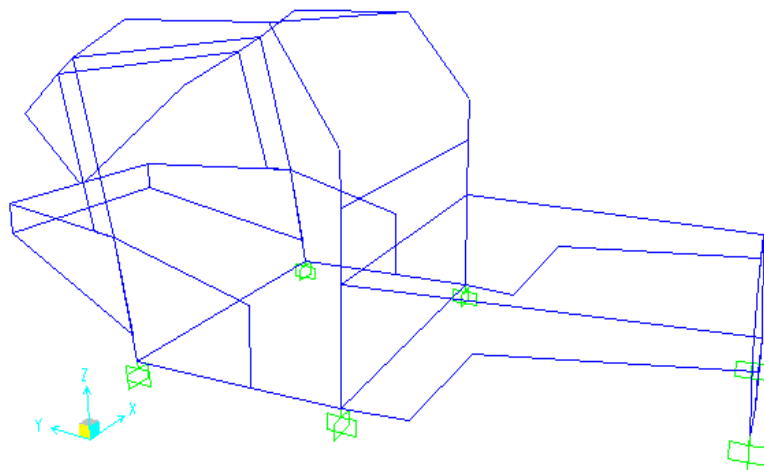


Figura 26. Restricciones asignadas.

5. Para la asignación de cargas se realiza lo siguiente:
 - a) Para la carga de impactos, se seleccionan los nodos. En el menú principal Assign, click en Joint Loads y se selecciona Forces. Se selecciona la fuerza en el casillero Load Case Name, IMPACTOS y de acuerdo al valor y dirección de la carga se lo ingresa como se indica en la figura 27, figura 28 y figura 29.

Joint Forces

Load Pattern Name: + IMPACFRONTAL

Units: Ton, mm, C

Coordinate System: GLOBAL

Options:
☐ Add to Existing Loads
☒ Replace Existing Loads
☐ Delete Existing Loads

OK Cancel

Loads	
Force Global X	0.
Force Global Y	-0.0095
Force Global Z	0.
Moment about Global X	0.
Moment about Global Y	0.
Moment about Global Z	0.

Figura 27. Impacto frontal.

Joint Forces

Load Pattern Name: + IMPACLAT

Units: Ton, mm, C

Coordinate System: GLOBAL

Options:
☐ Add to Existing Loads
☒ Replace Existing Loads
☐ Delete Existing Loads

OK Cancel

Loads	
Force Global X	0.095
Force Global Y	0.
Force Global Z	0.
Moment about Global X	0.
Moment about Global Y	0.
Moment about Global Z	0.

Figura 28. Impacto lateral.

Joint Forces

Load Pattern Name: + IMPACSUP

Units: Ton, mm, C

Coordinate System: GLOBAL

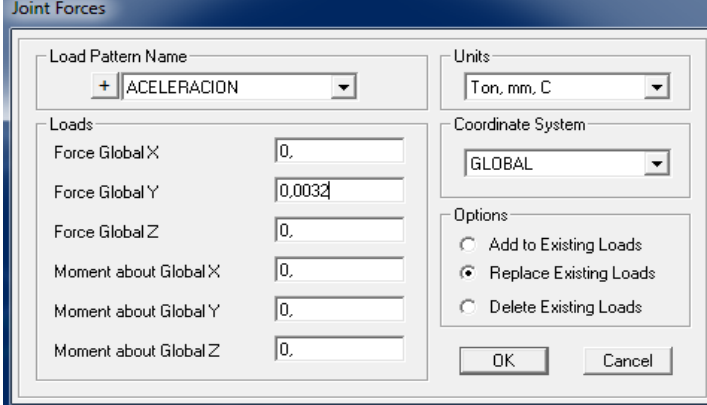
Options:
☐ Add to Existing Loads
☒ Replace Existing Loads
☐ Delete Existing Loads

OK Cancel

Loads	
Force Global X	0.
Force Global Y	0.
Force Global Z	-0.095
Moment about Global X	0.
Moment about Global Y	0.
Moment about Global Z	0.

Figura 29. Impacto superior.

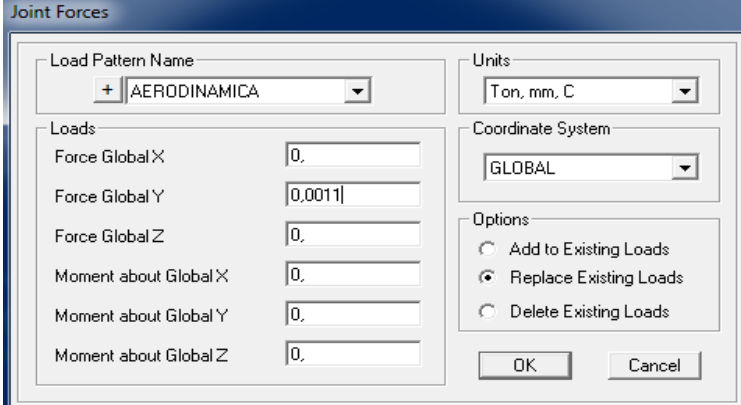
Para Fuerza de Aceleración, se seleccionan los nodos. En la barra de herramientas superior Assign, click en Joint Loads y se selecciona Forces. Se selecciona la fuerza en el casillero Load Case Name, ACELERACIÓN y de acuerdo al valor y dirección de la carga se lo ingresa como se indica en la figura 30.



The screenshot shows the 'Joint Forces' dialog box. The 'Load Pattern Name' is set to 'ACELERACION'. The 'Units' are set to 'Ton, mm, C'. The 'Coordinate System' is set to 'GLOBAL'. The 'Loads' section has the following values: Force Global X: 0, Force Global Y: 0,0032, Force Global Z: 0, Moment about Global X: 0, Moment about Global Y: 0, Moment about Global Z: 0. The 'Options' section has 'Replace Existing Loads' selected. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom right.

Figura 30. Fuerza de Aceleración.

Para Fuerza Aerodinámica, se seleccionan los nodos. En la barra de herramientas superior Assign, click en Joint Loads y se selecciona Forces. Se selecciona la fuerza en el casillero Load Case Name, AERODINÁMICA y de acuerdo al valor y dirección de la carga se lo ingresa como se indica en la figura 31.



The screenshot shows the 'Joint Forces' dialog box. The 'Load Pattern Name' is set to 'AERODINAMICA'. The 'Units' are set to 'Ton, mm, C'. The 'Coordinate System' is set to 'GLOBAL'. The 'Loads' section has the following values: Force Global X: 0, Force Global Y: 0,0011, Force Global Z: 0, Moment about Global X: 0, Moment about Global Y: 0, Moment about Global Z: 0. The 'Options' section has 'Replace Existing Loads' selected. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom right.

Figura 31. Fuerza Aerodinámica.

Para Fuerza de Frenado, se seleccionan los nodos. En la barra de herramientas superior Assign, click en Joint Loads y se selecciona Forces. Se selecciona la fuerza en el casillero Load Case Name, FRENADO y de acuerdo al valor y dirección de la carga se lo ingresa como se indica en la figura 32.

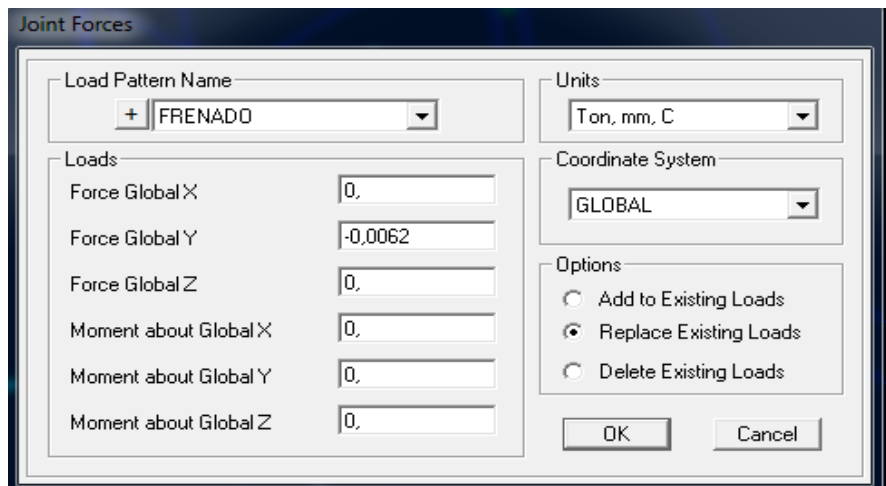


Figura 32. Fuerza de frenado.

Para Carga Viva, se seleccionan los nodos. En la barra de herramientas superior Assign, click en Joint Loads y se selecciona Forces. Se selecciona la fuerza en el casillero Load Case Name, C-VIVA y de acuerdo al valor y dirección de la carga se lo ingresa como se indica en la figura 33.

Joint Forces

Load Pattern Name: + CVIVA

Units: Ton, mm, C

Coordinate System: GLOBAL

Options:

- ☐ Add to Existing Loads
- ☒ Replace Existing Loads
- ☐ Delete Existing Loads

OK Cancel

Loads:

Force Global X	0,
Force Global Y	0,
Force Global Z	-0,031
Moment about Global X	0,
Moment about Global Y	0,
Moment about Global Z	0,

Figura 33. Carga viva debido a los ocupantes.

Joint Forces

Load Pattern Name: + CVIVA

Units: Ton, mm, C

Coordinate System: GLOBAL

Options:

- ☐ Add to Existing Loads
- ☒ Replace Existing Loads
- ☐ Delete Existing Loads

OK Cancel

Loads:

Force Global X	0,
Force Global Y	0,
Force Global Z	-0,0125
Moment about Global X	0,
Moment about Global Y	0,
Moment about Global Z	0,

Figura 34. Carga viva debido a los asientos.

Para las cargas de Impacto Superior, Lateral y Frontal se realiza lo mismo que se indica en los puntos anteriores. Se ingresan los mismos valores de la figura 29, figura 30 y figura 31 de acuerdo al tipo de carga, sea esta IMPAC-FRONT, IMPAC-LAT O IMPAC-SUP.

Verificar si todas las fuerzas constan para realizar la simulación, en la barra de herramientas superior se selecciona Display y se realiza lo que se indica en la figura 35.

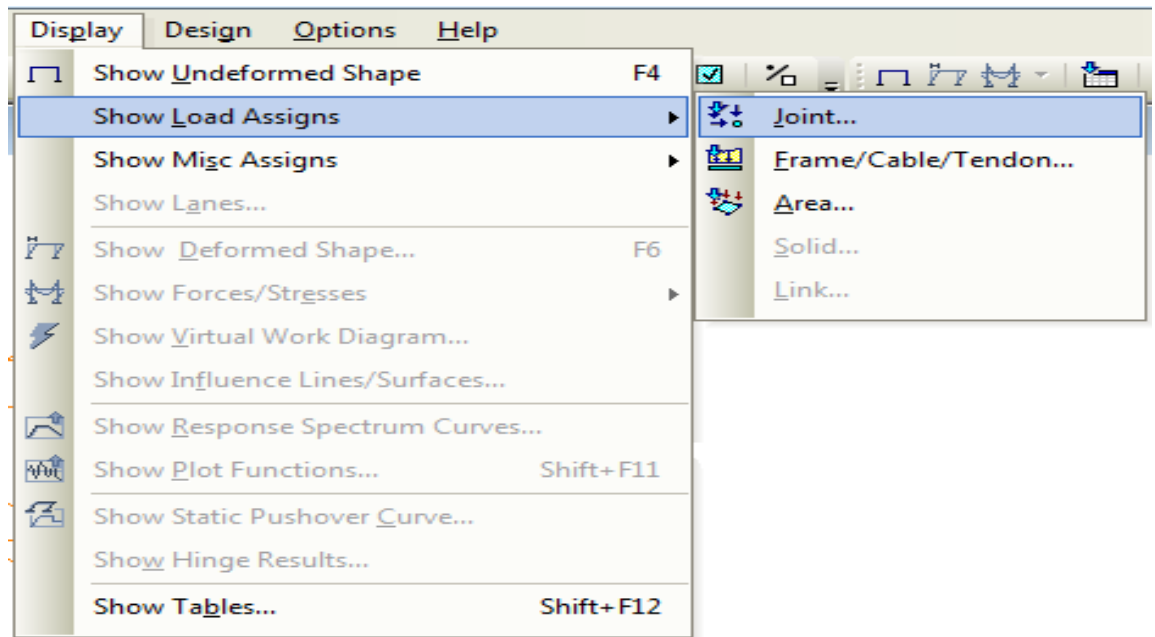


Figura 35. Verificación de cargas.

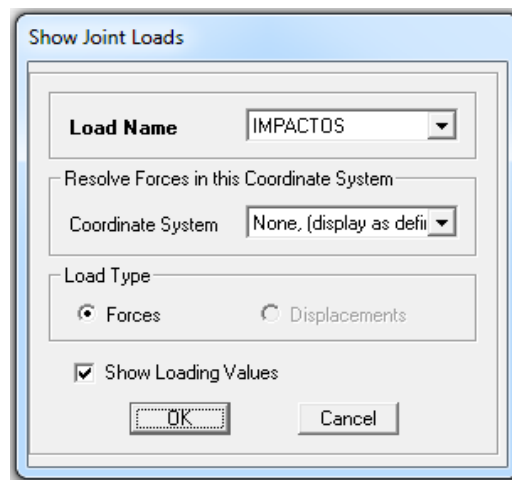


Figura 36. Selección de cargas a mostrar.

6. Antes de correr el programa se verifica si los combos que se crearon están siendo parte de la lista que SAP va a analizar para ello seguimos los siguientes pasos:
 - a) Ingresar a donde indica a figura 37.

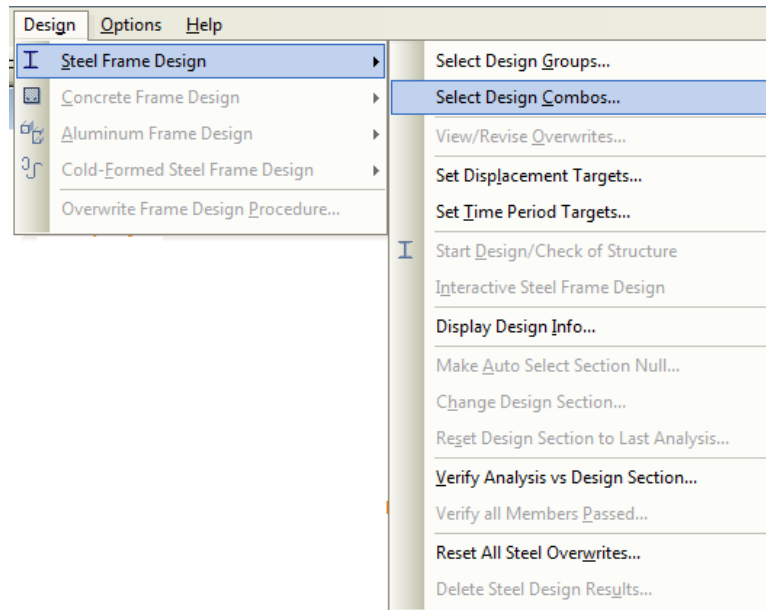


Figura 37. Ingreso a la selección de combos para el diseño.

- b) En la pantalla Design Load Combination Selection, se verifica que todos los combos estén siendo tomados por el programa para ser analizados, de no estar así, se añaden a la lista como indica la figura 38:

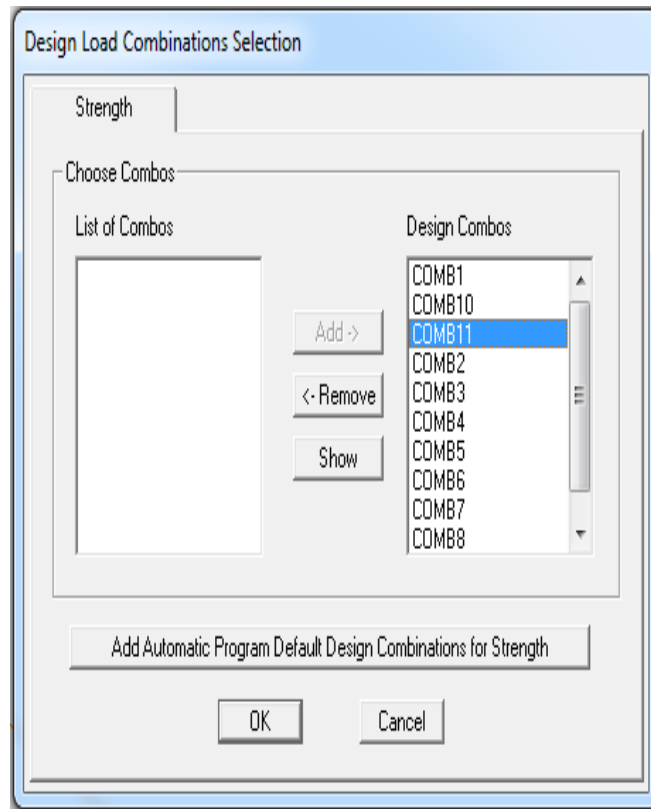



Figura 38. Selección de combos para el diseño.

7. Una vez realizados todos los pasos anteriores, en la barra de herramientas superior se selecciona el botón  y aparecerá la ventana como se indica en la figura 39.

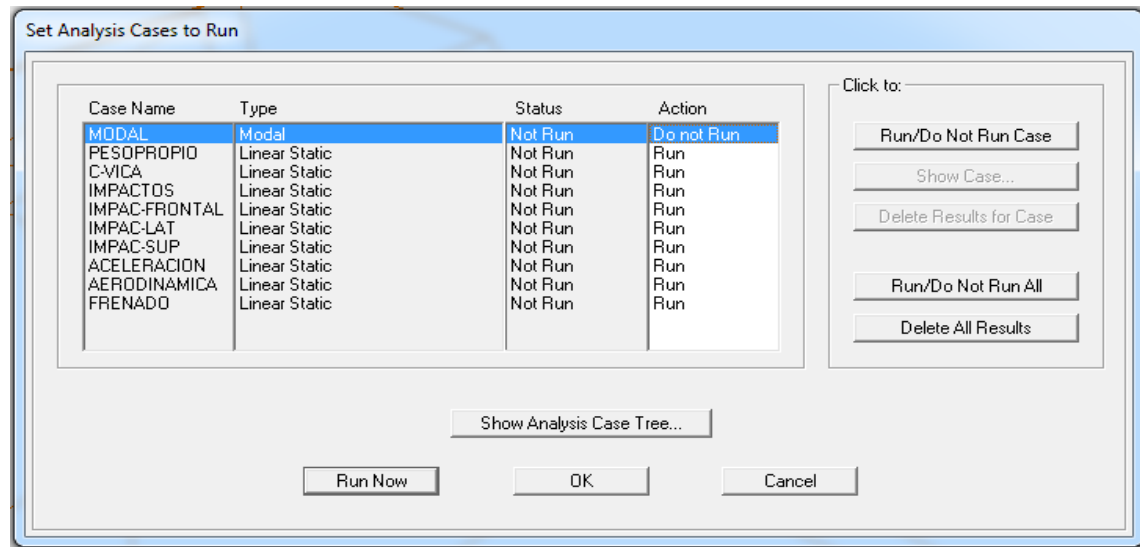


Figura 39. Casos a ser analizados.

8. Verificando que cargas están activadas se procede a correr el programa mediante el botón Run Now. Al encontrarse en la lista el caso MODAL este tiene que ser desactivado o removido si es necesario, para evitar errores en el análisis.

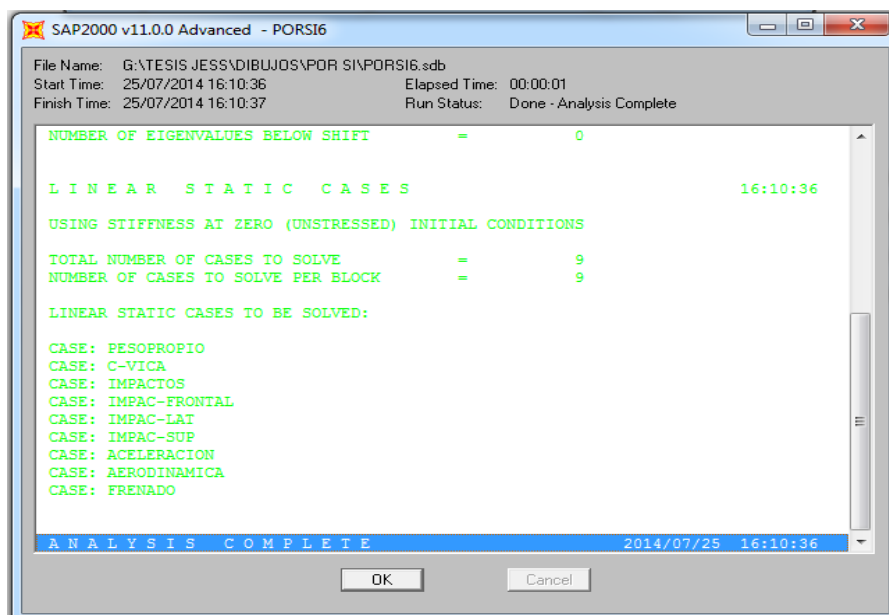


Figura 40. Verificación de corrida del programa.

Y por último, efectuamos el análisis de la estructura en SAP 2000, mismo resultado que se muestra en la figura 41, que fácilmente nos dice mediante el color de la estructura nos muestra las partes más críticas en color rojo.

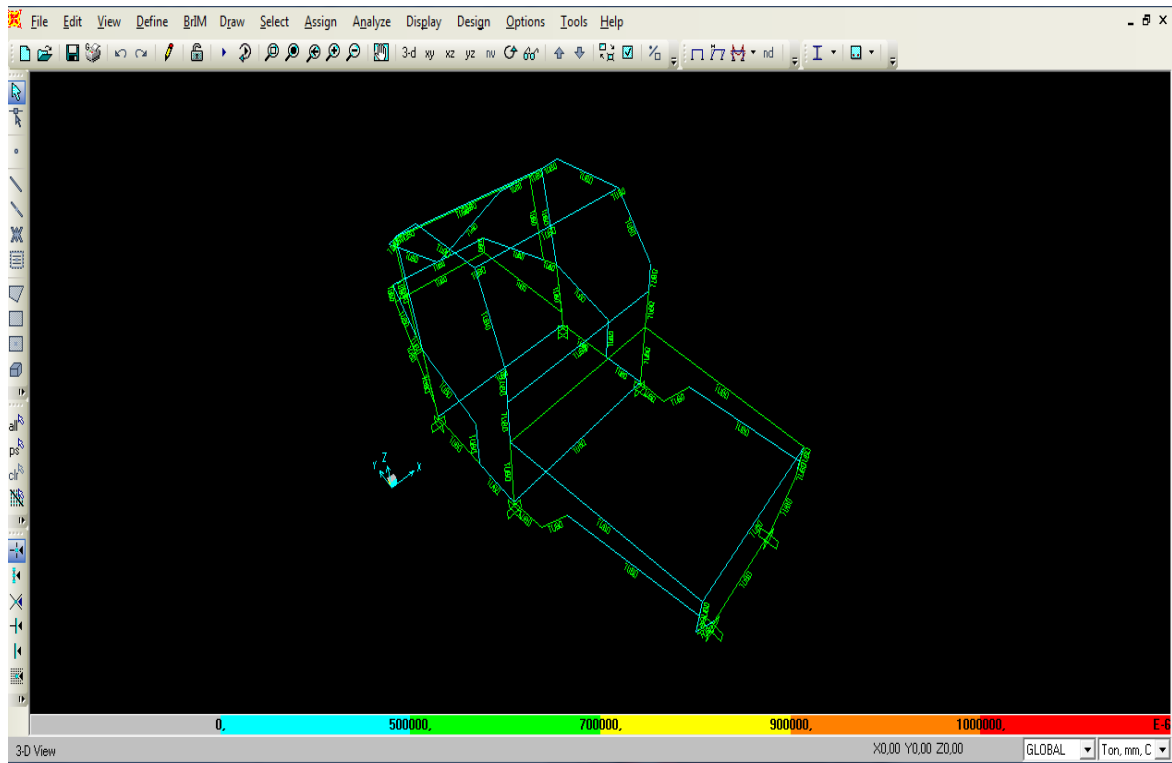


Figura 41. Análisis de la estructura en SAP 2000.

Como se observó el análisis de la estructura fue favorable, pues no encontró a ningún elemento con cargas críticas las mismas que hubiesen estado en color rojo. Luego se repitió el mismo procedimiento, ingresando los datos en el programa SAP 2000, asumiendo una situación altamente crítica en la que todo el peso del vehículo, ya modificado someta a la carrocería a todas las variantes de cargas e impactos con los siguientes datos:

Carga debido a los ocupantes:	140 kg.
Carga debido al peso del vehículo:	1470 Kg.
Carga total:	1610 Kg.

Una vez ya ingresados los datos en SAP, se efectuó el respectivo análisis de las cargas en cada elemento de la carrocería y se obtuvo el siguiente resultado:

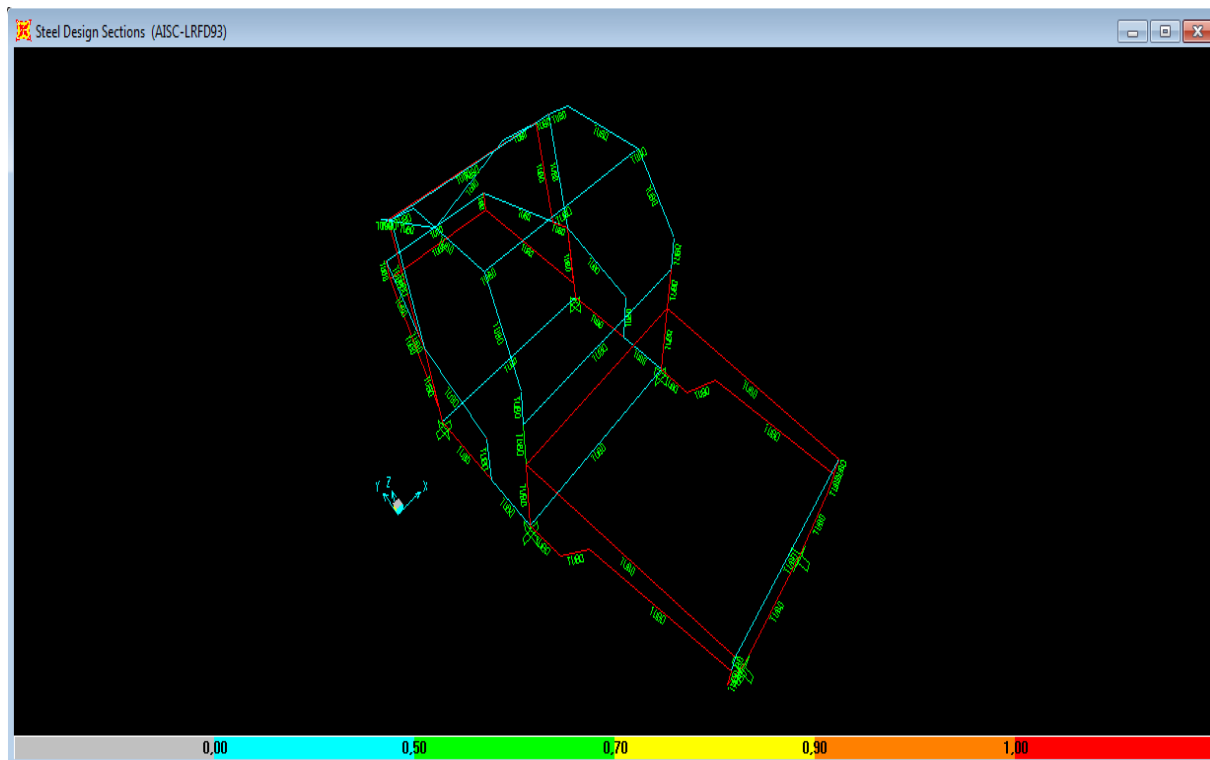


Figura 42. Análisis de la estructura en SAP 2000 con carga igual a 1610 Kg.

En consecuencia, se confirmó que el diseño de la carrocería fue correcto ya que el habitáculo o jaula de seguridad no sufrió mayor daño ante el análisis de cargas e impactos.

4.7. Proceso de Construcción y Montaje de la Carrocería

Se procedió a realizar las respectivas pruebas con el vehículo, antes de empezar con las modificaciones presentadas, sus adaptaciones y montaje de nuevos elementos de instrumentación.

Los siguientes trabajos de taller se planifico, y se llevó a cabo cuidadosamente. Al igual que para el resto de las estructuras de acero, la construcción de los perfiles tubulares se organizó lo mejor posible, para que de tal manera el material siga un proceso

unidireccional, desde la recepción hasta la entrega final. Normalmente se siguió los siguientes pasos:

- a. Marcado.
- b. Corte a la longitud adecuada por aserrado.
- c. Curvado.
- d. Preparación de los bordes para soldar. Este paso se puede realizar junto con el paso b.
- e. Soldadura.
- f. Pintado para protección frente a la corrosión externa.

Se consideró las combinaciones de estos pasos, para que resulte viable y económico, además en el plan de fabricación también se consideraron los siguientes factores:

- Espacio de trabajo.
- Posibilidades de almacenamiento y apilamiento de los elementos estructurales.
- Máquinas herramientas.
- Mano de obra especializada.
- Montaje y construcción de la carrocería del vehículo tipo arenero.

4.8. Detalle del Trabajo Realizado

- Se hicieron los moldes con una platina de 12mm x 2mm a la medida real como se indica en los planos, incluidos el diámetro del tubo.
- Se midieron cada uno de los elementos para establecer la distancia a la que se debe cortar el tubo para luego ser desbastado.
- Los elementos o barras que contienen dobleces, se señalan las medidas de los ángulos mediante una escuadra graduable en base a lo dibujado en la plancha de madera, estos elementos son:

Arco principal:	4 dobleces
Protección superior trasera del vehículo:	4 dobleces por tubo
Protección trasera del vehículo:	2 dobleces por tubo
Protección frontal:	6 dobleces
Pasos de rueda delantera:	2 dobleces por tubo
Protecciones laterales:	1 dobles por tubo

- Se doblan los tubos mediante el método de curvado por estiramiento y cortes a inglete, dependiendo de la necesidad, los ángulos tomados de la platina molde se colocan en la dobladora para proceder a realizar la curvatura.
- Todos los elementos se debieron cortar con un pequeño exceso en su medida, ya que al momento de desbastar se corre el riesgo de excederse, disminuyendo su longitud. Si lo segundo sucede se debe cortar un nuevo tubo.
- Para la soldadura de tubos, fue fundamental pensar de antemano el orden y la secuencia del montaje, en especial para nudos en los que intersecan más de dos tubos. Las contracciones y las distorsiones provocadas por la soldadura, que evidentemente se originan durante el soldeo, se compensaron apretando al perfil tubular.
- Se empezó ubicando las bases de la carrocería al chasis, las cuales estaban perfectamente centradas y niveladas.
- Luego se procedió a unir las partes que conforman el habitáculo como son: el marco frontal y las barras antivuelco.
- Posteriormente se colocó los tubos que conforman la parte frontal y trasera de la carrocería tomando en cuenta la colocación del capot.
- Ya con la estructura de la carrocería se procedió a unir las láminas de tool que conforman las secciones de los tubos, también en esta se tomó en cuenta la

colocación del tablero de instrumentos del vehículo en las que previamente se hicieron las respectivas perforaciones para los indicadores de funcionamiento normal del vehículo

- Una vez corregidos todos los desperfectos superficiales más notables se empezó a pulir y lijar toda la carrocería, para luego empezar con el proceso de pintura. En este proceso se usó: pintura de tipo altos solidos o poliuretanos para así obtener un mejor acabado; usando colores negro y verde de manera que el vehículo quedó con un trabajo de pintura llamativo y original.
- No sin dejar atrás; se procedió a la colocación de la respectiva instrumentación: como es la del sistema de alumbrado, estén cerca del conductor para que puedan ser legibles y fáciles de manipular. Dentro de este sistema va la batería, los fusibles, y las luces o focos. Es decir es de vital importancia ya que con este sistema de alumbrado ayuda a que el vehículo pueda tener la respectiva señalización, alumbramiento necesario, y verificación del estado en que se encuentra sus demás componentes ya sea el nivel de aceite, la temperatura del motor, entre otros para así verificar un óptimo rendimiento del vehículo.

4.9. Resultados

En el programa SAP 2000 es fácil obtener los resultados una vez que se analizó la estructura, solo es necesario dar un click derecho en el elemento que se necesite y automáticamente se podrá ver todos los datos como: número de elemento, material, sección y todas las cargas a las que esté sometido. Sin embargo, también se puede acceder al menú display y seleccionar show tables para obtener los resultados de los 50 elementos que conforman la carrocería e inclusive se las puede importar directamente al programa de Microsoft office Excel.

Tabla 6.

Resultados del análisis por combos.

Base Reactions

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Base Reactions

	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX N	GlobalFY N	GlobalFZ N	GlobalMX N-mm	GlobalMY N-mm	GlobalMZ N-mm	GlobalX mm
►	COMB1	Combination	000000005938	000000004473	25329,96	-10276376	-29668453,3	-0,000000363	0
	COMB2	Combination	000000006178	000000004643	28587,96	-11365978,3	-33484639	-0,0000003771	0
	COMB3	Combination	000000006735	-249,5	30477,96	-12030233,1	-35698345	-292015,42	0
	COMB4	Combination	000000000057	1520	30477,96	-12882494	-35698345	1779011,76	0
	COMB5	Combination	000000006256	1270,5	32367,96	-13546748,8	-37912052	1486996,34	0
	COMB6	Combination	000000007518	-1520	30477,96	-11418310,3	-35698345	-1779011,76	0
	COMB7	Combination	000000007518	-1520	30477,96	-11418310,3	-35698345	-1779011,76	0
	COMB8	Combination	000000006613	000000004992	30477,96	-12150402,1	-35698345	-0,0000004054	0
	COMB9	Combination	000000001251	-1520	46577,96	-16671348,6	-54557681	-1779011,76	0
	COMB10	Combination	000000000698	-498870	32367,96	87658168,69	-37912052	-545301399	0
	COMB11	Combination	000000004147	1270,5	36147,95	-15115596,6	-40195575	869435,32	0

Record: 1 of 11

Add Tables... Done

Tabla 7.

Fuerzas y momentos de la estructura importada al Excel.

Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1	COMB1	360,12	1013,73	6992,44	257994,96	-112631,74	-12615,56
1	COMB2	387,99	1093,54	7868,07	241876,95	-121292,39	-13626,8
1	COMB3	411,18	1128,54	8427,62	273177,7	-132041,95	-14564,01
1	COMB4	443,08	1433,11	8140,89	199613,18	-117264,07	-14788,52
1	COMB5	466,28	1468,12	8700,43	230913,93	-128013,64	-15725,72

1	COMB6	388,28	909,86	8633,49	325996,99	-142652,47	-14402,8
1	COMB7	388,28	909,86	8633,49	325996,99	-142652,47	-14402,8
1	COMB8	415,68	1171,49	8387,19	262805,08	-129958,27	-14595,66
1	COMB9	464,24	1345,95	13218,82	558145,6	-187687,01	-17155,12
1	COMB10	108,36	446,23	10563,18	862025,06	-353613,41	16757,73
1	COMB11	-9459,65	1817,5	9811,42	66064,71	-1240387,1	-322788,16
3	COMB1	-37,46	-1110,79	3138,58	-248672,46	-86089,13	5018,23
3	COMB2	-41,48	-1199,98	3691,53	-253457,33	-92904,09	5457,51
3	COMB3	-41,64	-1356,08	3895,65	-276275,66	-99555,15	5716,82
3	COMB4	-60,64	-854,29	4087,35	-253440,22	-99304,26	6601,84
3	COMB5	-60,81	-1010,39	4291,46	-276258,55	-105955,32	6861,15
3	COMB6	-28,01	-1716,36	3758	-292671,5	-99735,3	5081,38
3	COMB7	-28,01	-1716,36	3758	-292671,5	-99735,3	5081,38
3	COMB8	-44,32	-1285,32	3922,68	-273055,86	-99519,78	5841,61
3	COMB9	-51,42	-2182,14	5991,2	-484418,71	-112311,7	7494,56
3	COMB10	5419,05	-217838,0	34020,59	6616209,52	-897984,02	-1353715,3
3	COMB11	-9671,95	-319,91	5444,61	-301780,36	-519755,05	-335073,12
27	COMB1	-359,04	1009,54	6975,56	253684,5	111615,85	12795,8
27	COMB2	-386,8	1089,06	7849,8	237180,75	120192,47	13814,07
27	COMB3	-409,88	1124,19	8407,9	267999,76	130866,02	14730,05
27	COMB4	-442,01	1425,55	8122,27	195513,14	116074,4	15205,03
27	COMB5	-465,09	1460,68	8680,36	226332,14	126747,95	16121,01
27	COMB6	-386,82	907,81	8612,98	320045,11	141486,39	14389,02
27	COMB7	-386,82	907,81	8612,98	320045,11	141486,39	14389,02
27	COMB8	-414,41	1166,68	8367,63	257779,12	128780,39	14797,03
27	COMB9	-460,73	1346,11	13188,48	546951,13	185886,57	16561,34
27	COMB10	-537,72	843,37	11262,97	810003,27	254280,7	51278,13
27	COMB11	9561,98	1756,19	9510,59	51991,38	1267081,21	312268,79
29	COMB1	36,99	-1104,38	3148,65	-247055,25	85928,72	-4932,88
29	COMB2	40,97	-1193,03	3702,47	-251699,37	92730,62	-5363,87
29	COMB3	41,09	-1348,57	3907,53	-274351,45	99371,21	-5611,57
29	COMB4	60,13	-847,3	4097,96	-251816,68	99107,25	-6532,73
29	COMB5	60,25	-1002,84	4303,02	-274468,77	105747,85	-6780,44
29	COMB6	27,42	-1708,48	3770,81	-290531,41	99560,74	-4950,18
29	COMB7	27,42	-1708,48	3770,81	-290531,41	99560,74	-4950,18
29	COMB8	43,78	-1277,89	3934,38	-271174,04	99334	-5741,46
29	COMB9	50,35	-2169,86	6012,39	-480714,5	112048,74	-7203,08
29	COMB10	-10488,8	-183872,7	32657,63	4398906,25	-618592,63	1238172,65
29	COMB11	8064,95	-3000,55	4540,88	-111671,19	758034,76	-119794,45

45	COMB1	-1016,66	95,97	2537,11	-10557,05	4026,66	-14695,08
45	COMB2	-1098,36	105,23	2737,77	-11614,5	4363	-16138,15
45	COMB3	-1168,21	101,24	2919,36	-11676,06	4609,38	-16208,76
45	COMB4	-1226,62	181,45	3014,32	-16941,48	5052,54	-23651,76
45	COMB5	-1296,47	177,46	3195,92	-17003,04	5298,92	-23722,37
45	COMB6	-1126,27	43,65	2851,17	-7895,5	4291,19	-10864,7
45	COMB7	-1126,27	43,65	2851,17	-7895,5	4291,19	-10864,7
45	COMB8	-1176,45	112,55	2932,75	-12418,49	4671,86	-17258,23
45	COMB9	-1814,4	70,25	4083,44	-11201,99	8780,4	-14599,09
45	COMB10	20227,04	-58736,35	-26592,6	2432157,81	-72695,13	3886956,66
45	COMB11	-705,71	668,14	4965,27	-80966,27	42252,1	-18196,17
46	COMB1	1016,05	95,93	2537,62	-10552,94	-4031,87	14688,12
46	COMB2	1097,68	105,18	2738,32	-11609,51	-4368,73	16129,83
46	COMB3	1167,46	101,17	2919,91	-11668,88	-4615,24	16197,28
46	COMB4	1226,06	181,48	3015,17	-16947,7	-5060,29	23659,07
46	COMB5	1295,84	177,48	3196,76	-17007,07	-5306,8	23726,52
46	COMB6	1125,4	43,51	2851,51	-7878,7	-4295,7	10839,73
46	COMB7	1125,4	43,51	2851,51	-7878,7	-4295,7	10839,73
46	COMB8	1175,73	112,5	2933,34	-12413,2	-4677,99	17249,4
46	COMB9	1811,96	69,69	4083,62	-11135,45	-8796,55	14502,61
46	COMB10	-14727,8	-39712,39	-29543,7	1095495,04	179286,12	-823168,7
46	COMB11	2210,37	349,13	1875,19	-36827,05	20955,6	-26921,22

Tabla 8.

Análisis comparativo.

Maquina/ Equipo	Sistema/ Parte	Medidas/ Características Antes	Medidas/ Características Despues
1. Vehículo	Peso del vehículo	1755 Kg.	1470 Kg.
2. Vehículo	Carrocería	Largo= 3403 mm	Largo= 2959 mm
		Ancho= 177 mm	Ancho= 1320 mm
		Altura= 1412 mm	Altura= 1191mm
		Color = rojo	Color = Negro -Verde

3. Vehículo	Seguridad Activa/Pasiva	Freno Servoasistido	Freno Servoasistido
		Parachoques	Parachoques
		Cinturones de 3 puntos	Cinturones de 4 puntos
		Columna de Dirección Colapsable	Columna de Dirección Colapsable
4. Vehículo	Confort	Ergonómico	Ergonómico
		Dirección Asistida	Dirección Asistida

Capítulo V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones.

- En cuanto al diseño, se concluyó que el programa SAP 2000, permite tomar en cuenta todo tipo de cargas, muertas y vivas, y analizar su influencia en cada elemento, lo que a la vez ofrece garantía por lo exhaustivo del proceso, lo que permite concluir que el diseño es confiable, ya que se obtuvo un factor de seguridad de 1,92.
- En cuanto a la simulación de la resistencia de la estructura ante cargas, se puede establecer que el programa SAP 2000 toma en cuenta, la influencia ante impactos frontales y laterales combinados para determinar los puntos críticos de la estructura.
- Las normas existentes en nuestro país, como la norma INEN 1323, y el código AISC/ASD posibilitan el diseño de la estructura que fue construida en acero ASTM A36 garantizando una estructura sólida, confiable y asegurando su rigidez mediante el uso de perfiles de sección redonda.

En cuanto a la construcción de la estructura puede afirmar que la soldadura MIG es la más adecuada para este tipo de trabajo; porque se logra mejores resultados, ya que en el análisis se toma en cuenta que no falla la soldadura si no el material.

5.2. Recomendaciones

- Respetar las normas INEN 1323, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la carrocería.
- Para efectos de diseño en el software SAP 2000 trabajar hasta el color amarillo, que representa a la relación de esfuerzos con un valor de 0.7, lo cual permite optimizar los resultados de la estructura, siendo estos confiables.
- Realizar un análisis comparativo con otros modelos de carrocerías: tubulares en la que esta sea autoportante.
- Comprobar la resistencia de las juntas soldadas mediante ensayos no destructivos.
- En el proceso de pintura se debe usar pintura de alta calidad, el mismo que será realizado al horno para obtener mejores resultados.

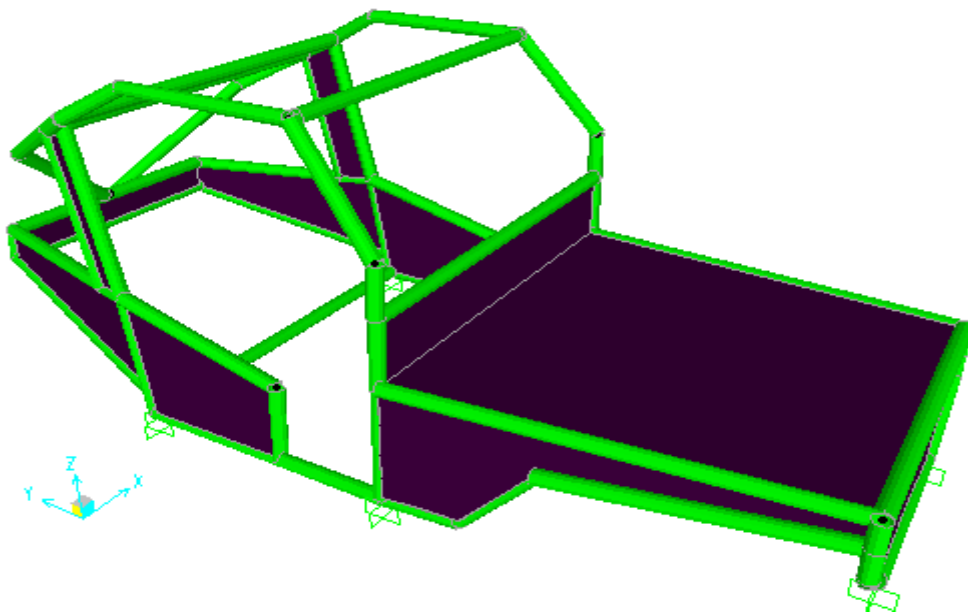
Referencias Bibliográficas

- ACEROSOTERO. (enero de 2015). *www.acerosotero.cl*. Obtenido de http://www.acerosotero.cl/planchas_acero_carbono_astm_a36.html
- AGUEDA E, G. J. (2006). *elementos amoviles*. españa: Thomson paraninfo S.A.
- AMORIN, S. (11 de 12 de 2006). *www.monografias.com*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos/aceros/aceros.shtml>
- CEAC. (1986). *Cálculos en Mecánica*. Barcelona: CEAC - Cod. 620.1/.C43/Cal.
- CURVA. (01 de 2015). *curva-man.com*. Obtenido de <http://www.curva-man.com/curvado.htm>
- DIPAC. (2012). *Manual de Productos de Acero*.
- EXPÓSITO, J. A. (2010). *Los elementos del diseno en tuberia y su soldadura* . Madrid: amvediciones - 621.8672/.E97/Ele.
- GIECK, R. G. (2000). *Manual de formulas técnicas*. Mexico: Alfaomega - Cod. 620/.G54/Man.
- INGEMECANICA. (01 de 2015). *ingemecanica.com*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn101.html>
- INSTRON. (01 de 2015). *instron.com*. Obtenido de <http://www.instron.com.ar/wa/glossary/Stiffness.aspx>
- ITALY, C. (01 de 2015). *tagliolasser.net*. Obtenido de <http://www.tagliolaser.net/en/>
- JOHNSTON, B. (1998). *Diseno Básico de Estructuras de Acero*. Prentice Hall.
- km77. (2014). *www.km77.com*. Obtenido de <http://www.km77.com/glosario/c/coefaero.asp>
- LEAL, F. (10 de 2012). *1 FP AUTOMOCION*. Obtenido de <http://eafflealsua12.blogspot.com/2012/10/tipos-de-carrocerias.html>

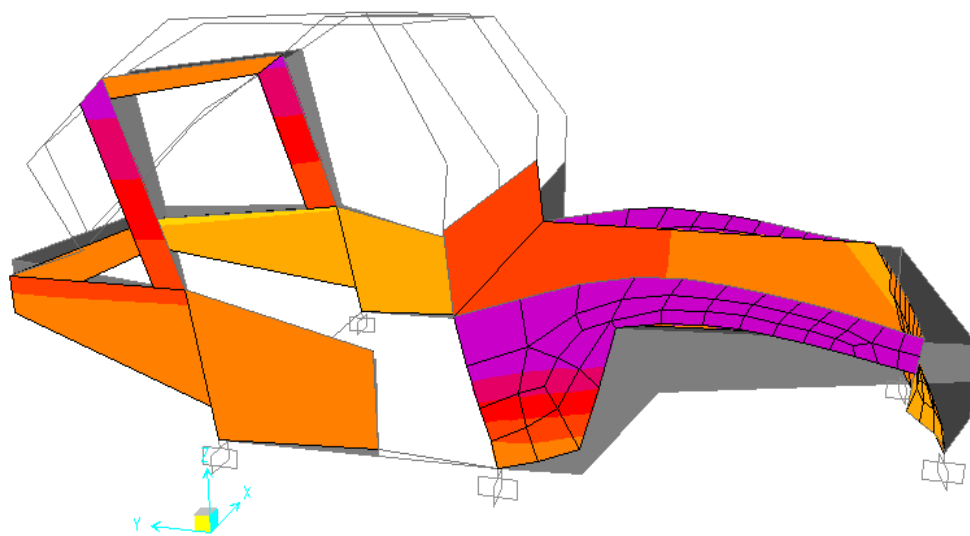
- LOTENEMOS. (01 de 2015). *Lo tenemos.com*. Obtenido de <http://lotenemos.co/es/home/21-barra-antivuelco-doble-tubo.html>
- MARTIN, N. (2012). *Ciencia de materiales para ingenieros*. Madrid: Pearson Educación - Cod. 620.11/.M37/Cie.
- McCORMAC, J. (2002). *Diseño de Estructuras Metálicas / Método ASD*. Alfaomega Grupo Editor.
- MOTT, R. L. (2009). *Resistencia de Materiales*. Mexico: Nancy Kesterson.
- NISBETH, R. G. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc. Graw Hill - 621.815.B83.
- PAZ, A. (2006). *manual del automovil*. México: dossat.
- PINEDA, V. A. (2015). *Arqhys arquitectura*. Obtenido de <http://www.arqhys.com/contenidos/estructurales-aceros.html>
- ROWE, R., & Jeffus, L. (2008). *Manual de soldadura GMAW (MIG-MAG)*. Madrid: Paraninfo - Cod. 671.52/.R69/Man.
- SANCHEZ, G. (08 de mayo de 2014). *es.slideshare.net*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/YesseSnchez/microscopio-de-herramientas-gaby>
- SHIGLEY Joseph, M. L. (s.f.). *Diseño en Ingeniería Mecánica Tercera Edición*.
- TUBOCOBRE. (2015). *www.tubocobre.net*. Recuperado el 20 de 01 de 2015, de http://www.tubocobre.net/literatura_pdf/cobre_nomenclatura_acero.pdf

Anexos

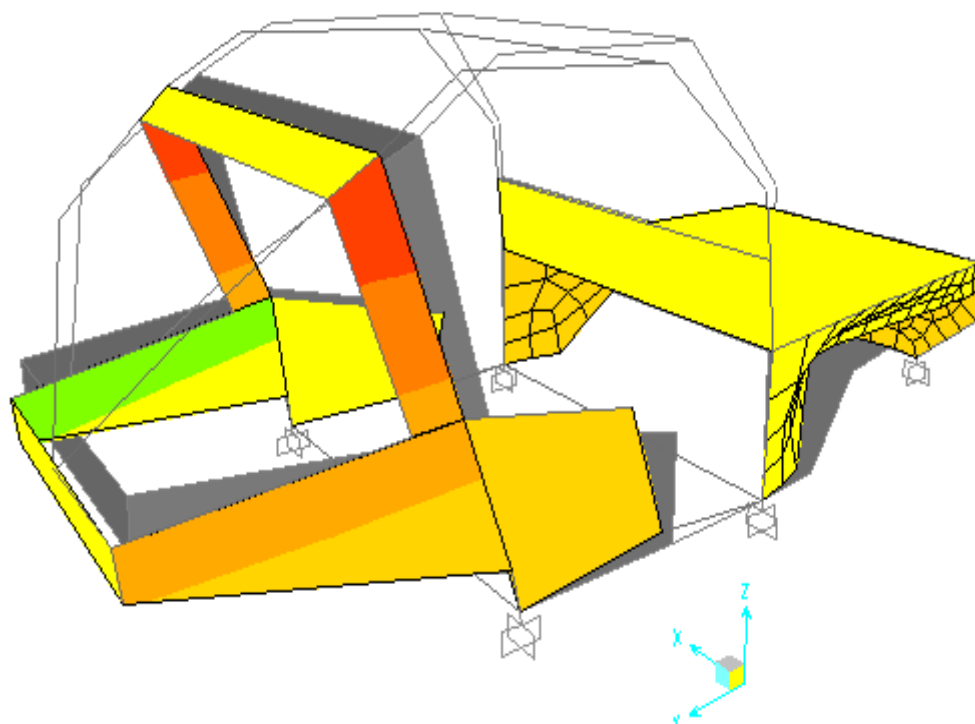
Anexo 1. Resultados de la simulación de impactos en SAP 2000.



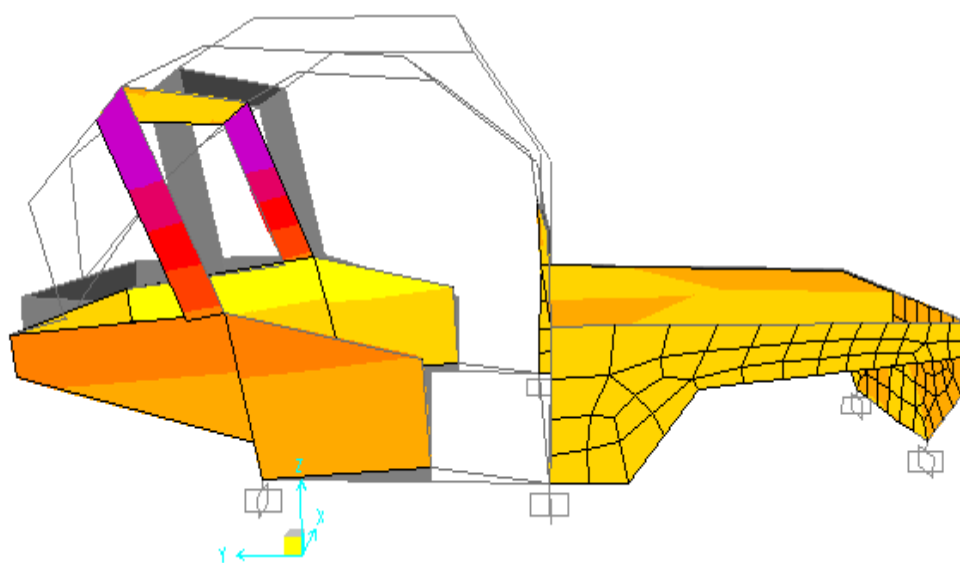
Carrocería Terminada en Digital



Impacto Frontal



Impacto Lateral



Impacto Superior

Anexo 2. Fotografías del trabajo práctico.



Carrocería original



Desmontaje de la carrocería



Construcción de la carrocería



Proceso de pintura



Carrocería terminada



Pruebas del vehículo



2. AUTORIZACIÓN DE USO DE LA UNIVERSIDAD

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA IDENTIDAD:	DE	1003341631	
APELLIDOS NOMBRES:	Y	GUEVARA TITUAÑA DAVID EDWIN	
DIRECCIÓN:	ATUNTAQUI - NATABUELA		
EMAIL:	deivid_gt22@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	000000	TELÉFONO MÓVIL:	0990745431

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO TIPO ARENERO
AUTOR:	GUEVARA TITUAÑA DAVID EDWIN
FECHA: AAAAMMDD	2015-04-09
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	ING. LUIS TEJADA HUERTAS

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, GUEVARA TITUAÑA DAVID EDWIN, con cédula de identidad Nro. 1003341631, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 09 días del mes de Abril del 2015

El Autor:


GUEVARA TITUAÑA DAVID EDWIN

Aceptación:

GUEVARA TITUAÑA DAVID EDWIN
C.I. 1003341631



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

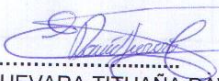
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

Yo, GUEVARA TITUAÑA DAVID EDWIN, con cédula de identidad Nro. 1003341631, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO TIPO ARENERO" que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 09 días del mes de Abril del 2015

EMAIL:	jgvala_234@hotmail.com		
CELULAR:	000000	TELÉFONO MOVIL:	0985000095

El Autor:


GUEVARA TITUAÑA DAVID EDWIN
C.I.: 1003341631

DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO TIPO ARENERO		
AUTOR:	AYALA ERATO AMERICA YESENIA		
FECHA: AAAA-MM-DD	2015-04-09		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
ASESOR/DIRECTOR:	ING. LUIS TOJADA HURTADO		

5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

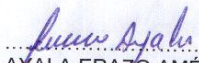
Yo, AYALA ERAZO AMÉRICA YESENIA, con cédula de identidad Nro. 1003575733, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

6. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 09 días del mes de Abril del 2015

El Autor:


AYALA ERAZO AMÉRICA YESENIA

Aceptación:

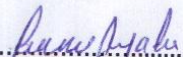


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, AYALA ERAZO AMÉRICA YESENIA, con cédula de identidad Nro. 1003575733, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO TIPO ARENERO"** que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 09 días del mes de Abril del 2015

El Autor:


AYALA ERAZO AMÉRICA YESENIA

C.I.: 1003575733

Placa	Acero ASTM A36 50 x 100mm x 2mm	Peso Aprox. 190 Kg	Cantidad: 1
Proyecto	Universidad Técnica del Norte	Profesor	Guevara David
Asignatura	Estructura	Alumno	Ayala Erazo
Fecha	Est. 1-15		